

**NATAN SPEGIORIN SUREK**

GRR: 20213782

**USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO DE MIXAGEM**

Monografia apresentada à disciplina OA894 - Trabalho de Conclusão de Curso II como requisito parcial à conclusão do Curso de Bacharelado em Música - Departamento de Artes, Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Clayton Rosa Mamedes

CURITIBA

2025



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN**  
Departamento de Artes  
Curso de Música

**ATA DE DEFESA E DECLARAÇÃO DE BANCA**  
**ETAPA FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO**  
**DO CURSO DE GRADUAÇÃO**

Declaramos que, no dia 08 de dezembro de 2025, NATAN SPEGIORIN SUREK apresentou neste departamento o Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Música intitulado

*Uso da inteligência artificial no processo de mixagem.*

Ao trabalho foi conferida a nota 98 (noventa e oito pontos) que será lançada como nota final na disciplina de TCC II.

Clayton Rosa Mamedes  
(orientador)

Hugo de Souza Melo  
(avaliador convidado)

Eduardo D'Urso Hebling  
(avaliador convidado)

Natan Spegiorin Surek  
(discente)



## RESUMO

O avanço da inteligência artificial (IA) tem transformado significativamente os fluxos de trabalho na produção musical, especialmente no campo da mixagem. Este estudo investiga como a automação promovida por sistemas inteligentes afeta a prática da mixagem em diferentes níveis de profissionalismo, desde usuários iniciantes até engenheiros de áudio experientes. O trabalho discute os principais modelos de automação (total e assistida) e suas implicações técnicas e criativas, com base em uma análise de ferramentas como iZotope Neutron, Landr, BandLab e Focusrite Control. Observa-se que a IA não apenas facilita o acesso à produção de áudio de qualidade para públicos sem formação técnica, como também oferece suporte analítico a profissionais, por meio de recursos como detecção automática de ganho, análise espectral, sugestões de cadeia de efeitos e correspondência de curvas de equalização. Para além da revisão crítica da literatura, o estudo inclui a aplicação prática da automação na mixagem de uma composição autoral, a fim de observar na prática os limites e potencialidades da colaboração humano-máquina nesse contexto. A pesquisa contribui, assim, para o debate sobre a reconfiguração do papel do produtor musical na era digital e para a reflexão sobre o equilíbrio entre autonomia criativa e automação inteligente na música.

**Palavras-chave:** inteligência artificial; mixagem; automação; produção musical; engenharia de áudio, engenharia de mixagem.

## ABSTRACT

The advancement of artificial intelligence (AI) has significantly transformed workflows in music production, especially in the field of mixing. This study investigates how automation promoted by intelligent systems affects the practice of mixing at different levels of professionalism, from beginners to experienced audio engineers. The paper discusses the main models of automation (full and assisted) and their technical and creative implications, based on an analysis of tools such as iZotope Neutron, Landr, BandLab and Focusrite Control. It is observed that AI not only facilitates access to quality audio production for audiences without technical training, but also offers analytical support to professionals, through features such as automatic gain detection, spectral analysis, effects chain suggestions and curve matching equalization. In addition to a critical review of the literature, the study includes the practical application of automation in the mixing of an authorial composition, in order to observe in practice, the limits and potential of human-machine collaboration in this context. The research contributes to the debate on the reconfiguration of the role of the music producer in the digital age and to the reflection on the balance between creative autonomy and intelligent automation in music.

**Keywords:** artificial intelligence; mixing; automation; music production; audio engineering, mixing engineering.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>1 A AUTOMAÇÃO DA MIXAGEM POR MEIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL</b>	
1.1 TIPOS DE IA APLICADA À MIXAGEM E SEUS PROBLEMAS.....	07
1.2 A IA QUANTO AO NÍVEL DE PROFISSIONALISMO.....	13
1.3 FERRAMENTAS DE IA E SUAS AUTOMAÇÕES.....	16
<b>2 A OBRA MUSICAL: CONTEXTO, CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO</b>	
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA MÚSICA.....	23
2.2 PROCESSO DE GRAVAÇÃO E ARRANJO.....	24
2.3 JUSTIFICATIVA DA OBRA COMO OBJETO DE ESTUDO.....	25
<b>3 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A MIXAGEM MANUAL E A MIXAGEM COM O USO DE IA</b>	
3.1 PROCEDIMENTO DA MIXAGEM MANUAL.....	26
3.2 PROCEDIMENTO DA MIXAGEM COM O USO DO NEUTRON E NECTAR DA IZOTOPE.....	41
3.3 PROCEDIMENTO DA MIXAGEM COM O USO DO ROEX.....	62
<b>4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS MIXAGENS: MANUAL, AUTOMATIZADA PELO NEUTRON E NECTAR E AUTOMATIZADA PELO ROEX</b>	
4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ANÁLISES FEITAS.....	68
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	76
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80

## INTRODUÇÃO

A mixagem é uma fase da produção musical no qual os engenheiros de áudio<sup>1</sup> têm a função de combinar várias faixas de áudio da forma mais justa e equilibrada possível em uma só. É importante, para desenvolvimento desse trabalho, entender não apenas a história da mixagem, mas também como esse processo fundamental vem passando por inovações constantes e incorporando cada vez mais novas ferramentas ao cotidiano dos profissionais da área.

A evolução da produção musical reflete os avanços das tecnologias de gravação e a transformação dos processos criativos ao longo do tempo. No final do século XIX, invenções como o fonógrafo de Thomas Edison e o gramofone de Emile Berliner marcaram o início da possibilidade de registrar sons, permitindo a reprodução de música de forma mecânica. Com o desenvolvimento da fita magnética nas décadas de 1950 e 1960, a gravação de áudio ganhou novas dimensões, permitindo gravações mais duráveis e a introdução das gravações multicanais, que possibilitaram o uso de várias faixas para criar composições mais complexas. Durante os anos de 1980, o surgimento do MIDI e dos sintetizadores eletrônicos ampliou as possibilidades criativas, interagindo instrumentos e máquinas de forma mais eficiente. A década de 1990 foi marcada pela popularização da digitalização da música, com o lançamento de CDs e a crescente utilização de softwares de gravação digital, como o Pro Tools, que transformaram os estúdios profissionais e abriram novas possibilidades para a produção independente. Nos anos 2000, com o advento das plataformas de streaming como Spotify e Apple Music, a distribuição musical foi completamente reconfigurada, permitindo que artistas e produtores se conectassem diretamente com o público global. O crescimento das ferramentas de produção caseira, como Ableton Live e o Logic Pro, possibilitou a criação de música em qualquer ambiente, tornando ainda mais acessível o processo criativo. Atualmente, a inteligência artificial, os avanços em ferramentas de nuvem e a produção colaborativa remota destacam-se como as principais inovações, permitindo aos músicos e produtores criar de forma mais interconectada, eficiente e acessível. A produção musical, portanto, passou de um campo restrito a estúdios de gravação físicos para um ambiente digital e globalizado, onde a tecnologia e a criatividade estão cada vez mais interligados. Na década de 1950 até meados de 1970, a mixagem era realizada exclusivamente em estúdios equipados com aparelhos analógicos de grande porte, como mesas de som, gravadores de fita e processadores externos. O acesso a esses espaços era limitado devido ao alto custo dos equipamentos e à necessidade de

---

<sup>1</sup> Adotamos, neste trabalho, o termo engenheiro de áudio para designar o profissional responsável pela mixagem de fonogramas. Essa escolha se dá como uma forma de alinhamento ao termo *audio engineering* adotado pela literatura inglesa que fundamenta este trabalho. No contexto brasileiro, um dos termos utilizado para indicar essa função é mixador.

conhecimento técnico especializado, e o processo era essencialmente manual, registrando-se cada decisão diretamente na fita magnética, sem possibilidade de reversão.

Entre as décadas de 1980 e 1990, a digitalização começou a transformar gradualmente o processo, com a introdução de gravadores digitais, *samplers* e as primeiras estações de trabalho digitais (*Digital Audio Workstations – DAWs*). Ainda que a infraestrutura física (*hardware*) permanecesse central, tecnologias como o protocolo MIDI e os sequenciadores ampliaram as possibilidades criativas, possibilitando maior precisão e controle sonoro, além de um som mais limpo em relação ao processo analógico.

Nos anos 2000 a popularização dos computadores pessoais e de softwares como Pro Tools, Cubase e Logic Pro consolidou a migração para o ambiente digital. Interfaces de áudio e plugins substituíram grande parte dos processadores físicos, permitindo a montagem de estúdios domésticos a custos significativamente menores. Esse cenário tornou mais acessível a mixagem, dando a artistas independentes a capacidade de gravar, mixar e masterizar suas próprias obras.

A partir da década de 2010, o processo se tornou essencialmente digital e interconectado, incorporando a internet como elemento central da produção musical. O compartilhamento de arquivos em nuvem e colaboração remota tornaram-se práticas comuns, e ferramentas baseadas em inteligência artificial passaram a auxiliar ou automatizar etapas como ajuste de níveis, equalização e masterização, como no caso de plataformas e plug-ins como o LANDR e o iZotope Neutron, assim recursos que antes restritos a grandes estúdios estão hoje disponíveis globalmente, reforçando a integração entre tecnologia e criatividade no processo de mixagem contemporâneo (Moises App, 2024).

A mixagem musical, como uma das etapas chave do processo de produção fonográfica, passou por uma notável evolução ao longo das décadas. Nos anos de 1950, quando as gravações eram feitas em mono e com poucos microfones, a mixagem praticamente não existia como prática isolada (Greg Milner, 2009). Os engenheiros lidavam com equipamentos bastante limitados e gravavam de forma quase documental, captando a performance ao vivo dos músicos. Com o surgimento de tecnologias como o *Sel-sync* (que permite que a mesma cabeça de gravação em um gravador de fita analógico seja usada para a reprodução, eliminando o atraso natural entre as cabeças de gravação e reprodução e possibilitando ouvir com precisão a faixa já gravada enquanto se adiciona uma nova camada (*overdub*)) e o gravador de múltiplas faixas, a partir de 1955, tornou-se possível realizar *overdubs* e manipular cada instrumento separadamente, o que marcou o início de uma abordagem mais criativa e técnica da mixagem.

A popularização dos gravadores de 24 canais, na década de 1970, revolucionou ainda mais esse cenário, permitindo maior controle sobre elementos como a bateria, que antes era pré-mixada junto com o baixo e passou a ocupar várias trilhas, exigindo mais atenção no processo. Segundo

Milner (2009), essa ampliação dos recursos técnicos trouxe uma mudança filosófica significativa na forma como os engenheiros abordavam o som. Até o final da década de 1980, era relativamente fácil identificar a origem geográfica de uma produção apenas pela sonoridade, já que existiam características marcantes nos estilos de mixagem de centros como Nova York, Los Angeles e Londres. No entanto, com a crescente mobilidade dos profissionais e o avanço das tecnologias digitais, houve uma homogeneização dos estilos, diluindo fronteiras regionais e criando uma linguagem sonora mais globalizada, embora as influências desses três continuem sendo uma referência importante na estética da mixagem contemporânea.

Com o advento da música eletrônica e a chegada dos sintetizadores, o campo da produção musical passou por um processo significativo de aprimoramento. Os sintetizadores permitiam aos produtores criarem uma ampla variedade de timbres em um único instrumento, expandindo consideravelmente as possibilidades criativas e técnicas dos profissionais da área. Esses equipamentos viabilizaram tanto a simulação de instrumentos acústicos quanto a criação de sons completamente inéditos, contribuindo para o surgimento de novas sonoridades e estilos musicais. Paralelamente, o avanço dos dispositivos de processamento de áudio, como compressores, equalizadores, *reverbs* e *delays*, proporcionou maior controle sobre a dinâmica, o espectro de frequências e a espacialização do som. A combinação entre síntese sonora e processamento de áudio estabeleceu as bases para uma nova estética musical, que influenciou profundamente a composição, a produção e a performance na música contemporânea.

Com a ascensão das *Digital Audio Workstation* (DAWs) nos estúdios, os plugins e instrumentos virtuais também passaram a desempenhar um papel fundamental na criação e na criatividade dos profissionais de áudio. Essas ferramentas trouxeram uma nova dimensão para as produções musicais, oferecendo manipulações de efeitos e timbres que, até então, eram pouco acessíveis ou mesmo desconhecidas. Softwares como Kontakt, que oferecem uma vasta biblioteca de instrumentos virtuais, e o Serum, voltado para a síntese sonora, são exemplos que ilustram bem esse avanço tecnológico e criativo no universo da produção musical. Nesse cenário, a mixagem ganhou ainda mais relevância. Trata-se de uma etapa essencial do processo de produção musical, em que todos os elementos gravados, como vozes, instrumentos, efeitos e sons eletrônicos, são equilibrados e moldados para criar uma sonoridade harmônica e coesa. Durante a mixagem, o engenheiro de som ou produtor atua na regulagem de volumes, aplicação de equalização, compressão, panorâmica estéreo e efeitos como *reverb* e *delay*, com o objetivo de valorizar cada elemento individualmente sem comprometer o conjunto. É nesse momento que o fonograma ganha profundidade, clareza e impacto emocional.

Com os recursos atuais das DAWs e a diversidade de plugins disponíveis, a mixagem tornou-se um verdadeiro campo criativo, em que não apenas se busca o equilíbrio técnico, mas

também se explora a estética e a identidade sonora de uma produção. Além disso, muitos artistas passaram a assumir o papel de produtores e engenheiros de som de seus próprios trabalhos, o que reforça essa transformação do processo em uma extensão artística da composição.

Porém, antes de começarmos a falar sobre inteligência artificial, é importante destacar a história da internet, que, para facilitar o entendimento, será dividida em três fases. Isso porque a evolução dos processos de mixagem com IA caminhou de mãos dadas com o avanço da internet, já que foi a partir dela que surgiram plataformas digitais, banco de dados massivos e serviços em nuvem que sustentam grande parte das aplicações atuais em áudio e música. A primeira fase da internet teve início graças ao trabalho de Tim Berners-Lee, cientista da computação britânico, em 1990. A partir de sua contribuição, a web começou a dar seus primeiros passos, impulsionando um desenvolvimento significativo, como a criação da *World Wide Web* (WWW), um ambiente que possibilitou novas formas de consumo, interação e trabalho. Nessa época, a web ainda contava com funcionalidades bastante limitadas, pois seu aprimoramento ocorreria nos anos seguintes. Sua principal função, inicialmente, era a troca de e-mails entre acadêmicos e especialistas em computação. Foi nessa fase também que se iniciou a chamada "guerra da imprensa online". Sites como UOL, Cadê, Yahoo e Terra passaram a divulgar notícias de forma muito mais rápida, impulsionados pelo advento da web. Como consequência, surgiu um novo perfil de formadores de opinião, em um cenário no qual o público confiava, sem grandes questionamentos, nas notícias e artigos publicados por esses portais. Na década de 1990, os chats e blogs eram o grande entusiasmo do momento. Contudo, as principais características dessa era podem ser destacadas como: internet discada, navegação limitada, servidores únicos e lentos, além de um conteúdo predominantemente estático, baseado em textos simples e HTML básico.

A segunda fase da internet teve início em 2004, com destaque para a figura de Tim O'Reilly, fundador da O'Reilly & Associates, empresa voltada para publicações e conferências na área de tecnologia. Nessa fase da web, começaram a se consolidar ideias como código aberto, sustentabilidade, DIY (faça você mesmo), robótica, tecnologia acessível, entre outras. Também se destacam diversos elementos que, embora tenham se desenvolvido mais intensamente nos anos seguintes, tiveram suas bases formadas nesse período como: as redes sociais, que facilitaram significativamente a comunicação e a interatividade entre as pessoas. Junto a elas, surgiram os serviços em nuvem, os aplicativos *mobile*, a preocupação com a usabilidade, os serviços de streaming e outras inovações. O termo que melhor define essa era é "Internet das Coisas", também conhecido pela sigla IoT. Nessa segunda era da internet e, conseqüentemente, da informação, os dados passaram a se tornar entidades de grande importância, pois podem ser facilmente manipulados pelos usuários. Com isso, surgiu um dos grandes problemas contemporâneos: as *fake news*. Esse termo se refere a notícias manipuladas intencionalmente por usuários de acordo com

seus interesses, com o objetivo de induzir os leitores ao erro. Ainda nessa fase, podemos destacar o surgimento e a consolidação de grandes empresas como Facebook, YouTube, WhatsApp e TikTok, plataformas que ampliaram significativamente os níveis de comunicação e interatividade na sociedade. Por meio dessas startups, a forma de viver das pessoas passou por grandes transformações, especialmente impulsionadas pela pandemia, que foi um fator determinante para essa mudança de comportamento em escala global. Resumidamente, podem ser destacados, nessa fase, a internet 4G e a fibra óptica, o conteúdo interativo, o papel ativo do usuário e das aplicações colaborativas, além de sites com HTML avançado, Javascript e jQuery. Também se destacam as redes sociais voltadas para o compartilhamento de informações e os serviços em nuvem.

Na terceira e última fase, que vivenciamos atualmente, destacam-se temas como a internet 5G, a economia digital e o metaverso. Com o avanço da inteligência artificial, muitas atividades e profissões nas quais os seres humanos antes desempenhavam um papel central passaram a ser automatizadas.

A inteligência artificial (IA) constitui um campo multidisciplinar da ciência da computação que busca desenvolver sistemas capazes de simular aspectos da inteligência humana, como raciocínio lógico, aprendizado, tomada de decisão, reconhecimento de padrões e até mesmo criatividade. Esses sistemas operam a partir de algoritmos complexos e redes neurais artificiais, alimentados por grandes volumes de dados, o que lhes permite “aprender” com exemplos, identificar tendências e aprimorar seu desempenho ao longo do tempo. Presente em diversas áreas do cotidiano, desde aplicativos de celular e plataformas de streaming até diagnósticos médicos, automação industrial e sistemas de segurança. A IA pode ser classificada, segundo Stuart Russel e Peter Norvig, em IA estreita, voltada a tarefas específicas, e IA geral, ainda em estágio experimental, orientada a reproduzir de forma ampla a cognição humana. No campo musical, essa tecnologia tem sido expressivamente incorporada ao processo de mixagem, etapa fundamental da produção sonora na qual técnica e sensibilidade se articulam para transformar ideias em experiências auditivas. Softwares e plug-ins profissionais como iZotope Neutron e o Ozone, bem como plataformas de masterização online como a LANDR, ilustram como a IA vem introduzindo recursos de equalização inteligente, ajuste dinâmico e aplicação autônoma de efeitos, reconfigurando fluxos de trabalho e ampliando as possibilidades técnicas e estéticas disponíveis para profissionais e entusiastas da música.

Tradicionalmente, a mixagem musical depende da escuta apurada, do conhecimento técnico e da intuição, atributos que refletem a sensibilidade criativa do engenheiro de som e constituem a identidade artística de cada obra. Entretanto, com o avanço acelerado da inteligência artificial, esse cenário vem sofrendo transformações significativas: de um lado, as ferramentas automatizadas prometem otimizar o tempo de produção, facilitar decisões técnicas e tornar mais

acessível o acesso a recursos sofisticados, de um outro, surgem questionamentos relevantes acerca de seus limites e implicações. Até que ponto a IA se mantém como instrumento de apoio e em que momento começa a interferir na criatividade humana? Quais os impactos dessa automação sobre o papel do engenheiro de som e sobre a ética profissional? Diante dessas questões, a presente pesquisa propõe-se a investigar o impacto transformador da inteligência artificial no processo de mixagem, estruturando-se em três eixos de análise: a classificação dos diferentes tipos de IA aplicados à produção sonora e os desafios técnicos que ainda restringem sua adoção plena, as variações no uso da IA conforme o nível de profissionalismo dos usuários (de amadores a produtores profissionais) e o mapeamento das principais ferramentas disponíveis no mercado, avaliando como suas automações influenciam as práticas criativas. Além da análise teórica, foi realizada a aplicação prática da tecnologia, por meio da mixagem de uma música autoral, em três cenários distintos: no primeiro, foi realizada a mixagem de forma manual, ou seja, o pesquisador cuidou de todas as etapas referentes a edição e mixagem da gravação original, sem o uso de ferramentas de assistência inteligente; no segundo, a IA foi utilizada como ferramenta de auxílio ao processo criativo; no terceiro, ela assumiu integralmente a responsabilidade pela mixagem. Os resultados obtidos em cada etapa foram documentados e analisados ao longo do projeto, a fim de comparar benefícios, limitações e impactos em termos técnicos e artísticos.

# 1 A AUTOMAÇÃO DA MIXAGEM POR MEIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

## 1.1 TIPOS DE IA APLICADA À MIXAGEM E SUAS CARACTERÍSTICAS

A mixagem de áudio é uma etapa essencial no processo de produção musical, responsável por equilibrar artisticamente e tecnicamente os elementos sonoros de uma gravação, como vocais, instrumentos, efeitos e ambiências, em um todo coeso e expressivo. Historicamente, essa atividade tem sido executada por engenheiros de áudio com profundo conhecimento técnico e sensibilidade estética, que tomam decisões com base na experiência auditiva, no estilo musical e na intenção artística do projeto. No entanto, com o avanço da inteligência artificial e do aprendizado de máquina, o setor fonográfico tem assistido ao surgimento de ferramentas capazes de automatizar, total ou parcialmente, o processo de mixagem. Esse movimento inaugura uma nova fase da produção musical, marcada pela integração entre criatividade humana e poder computacional.

O conceito de mixagem automática (*automatic mixing*) refere-se a sistemas que utilizam algoritmos inteligentes para gerar uma mixagem final a partir de *stems*, ou seja, subgrupos de faixas de áudio previamente mixadas, como um conjunto de vozes, bateria, baixo ou teclados, ou mesmo de gravações não tratadas. Diferentemente das *tracks*, que correspondem a gravações individuais (por exemplo, apenas o bumbo, apenas a caixa ou apenas o vocal principal), os *stems* representam arquivos de áudios já organizados por instrumento (ou grupos de instrumentos), que consolidam procedimentos realizados na etapa da edição. A partir das *stems* esses sistemas de mixagem automática podem operar de forma totalmente autônoma ou como assistentes, realizando ajustes técnicos e sugerindo soluções com base em análises computacionais do conteúdo sonoro, conforme pesquisado por Fazekas et al. (2023), no seu artigo *Adoption of AI Technology in the Music Mixing Workflow: An Investigation*.

O funcionamento de sistemas de mixagem baseados em inteligência artificial, segundo David Moffat e Mark B. Sandler (2019), pode ser descrito por uma sequência lógica de etapas interdependentes que refletem tanto a análise técnica do sinal sonoro quanto as possibilidades de intervenção humana. Inicialmente, o áudio de entrada é submetido a um processo de análise automatizada, no qual algoritmos interpretam parâmetros como frequência, volume, espectro harmônico e características temporais do som, dentre outros. Paralelamente, pode haver uma interação direta do usuário humano, que contribui com informações contextuais ou preferências estéticas. Com base nesses dados, o sistema realiza uma etapa de tomada de decisão, selecionando os tipos de processamento a serem aplicados como: compressão, equalização, automação de volume ou inserção de efeitos espaciais. Após a tomada de decisão, o sistema executa as ações escolhidas, gerando resultados em dois formatos distintos: saídas sonoras, que consistem em faixas

de áudio já processadas, e saídas não sonoras, como gráficos de automação, presets sugeridos ou informações técnicas para revisão. Esse fluxo de trabalho demonstra como a inteligência artificial atua de forma assistiva ou semiautônoma na produção musical, articulando capacidades analíticas com decisões criativas e adaptáveis.

É nesse contexto que também se insere o conceito de processo de mixagem inteligente (PMI) aprofundado por Moffat e Sandler (2019), como um modelo conceitual para compreender os níveis de integração da IA na mixagem. O PMI é composto por três aspectos centrais: os níveis de controle, a representação do conhecimento e a manipulação do áudio. O primeiro refere-se à extensão com que o sistema autônomo pode conduzir ações no lugar do engenheiro, variando desde uma atuação meramente informativa até o processamento totalmente automatizado. A representação do conhecimento diz respeito à forma como o sistema organiza e interpreta dados para embasar decisões, utilizando bancos de dados, modelos aprendidos ou inferência contextual. Já a manipulação de áudio abrange as alterações efetivas executadas sobre o sinal, como aplicação de efeitos, ajustes de ganho ou reconfiguração da espacialidade. Esses três elementos operam de maneira interdependente, definindo a profundidade e a sofisticação com que a IA pode participar de um processo de mixagem.

A adoção da IA no processo de mixagem ainda gera debates e resistências dentro da comunidade profissional. Isso ocorre principalmente devido a três fatores fundamentais que influenciam a aceitação e eficácia desses sistemas: a qualidade dos resultados gerados, a compatibilidade com os fluxos de trabalho existentes e o nível de controle e transparência oferecido aos usuários (Fazekas et al., 2023). Em seguida, analisaremos os três casos:

## **1. Qualidade e precisão dos resultados**

A primeira e mais evidente preocupação entre os profissionais do áudio é se as soluções baseadas em IA conseguem atingir o nível de excelência exigido por produções comerciais. Embora as tecnologias mais recentes ofereçam resultados satisfatórios em muitos contextos, ainda existem limitações perceptíveis, especialmente em gêneros musicais mais complexos ou em mixagens que exigem sensibilidade artística e julgamento subjetivo. Modelos de IA muitas vezes operam com base em médias estatísticas, o que pode gerar mixagens “corretas”, porém genéricas ou previsíveis. Além disso, há desafios técnicos, como lidar com fontes mal gravadas, dinâmicas incomuns e elementos fora do padrão. Isso já ocorria no fluxo profissional, onde instrumentos neutros facilitam a produção. Com a IA, músicos podem preferir timbres mais “standard” para mixagens automatizadas mais previsíveis.

## **2. Integração aos fluxos de trabalho tradicionais**

Outro aspecto relevante é a necessidade de integração dessas ferramentas ao fluxo de trabalho já consolidado pelos profissionais. Engenheiros e produtores desenvolvem, ao longo de anos, rotinas específicas dentro de suas DAWs, utilizando técnicas atalhos, plugins e configurações que se adaptam ao seu estilo de produção. Ferramentas de IA que impõem fluxos rígidos, formatos proprietários ou exigem reaprendizados completos acabam sendo rejeitadas ou subutilizadas. Para que a automação seja de fato funcional e adotada em larga escala, é necessário que ela seja flexível, compatível com diversos formatos e capaz de operar dentro do ecossistema já utilizado no estúdio, sem comprometer a liberdade criativa nem a organização do processo.

## **3. Transparência, controle e confiança**

A terceira barreira está relacionada à forma como os sistemas de IA se comunicam com o usuário. Muitos engenheiros de som demonstram resistência em confiar plenamente em ferramentas que operam como “caixas-pretas”, ou seja, sistemas que realizam alterações e ajustes sem explicar claramente os critérios utilizados. Essa falta de transparência compromete a confiança e dificulta o uso em projetos nos quais a personalização e o refinamento dos detalhes são indispensáveis. Além disso, profissionais experientes valorizam o controle total sobre os parâmetros da mixagem, e não se sentem confortáveis ao delegar essas decisões a um sistema automatizado sem a possibilidade de intervenção. Portanto, para que a IA seja vista como aliada, é fundamental que os desenvolvedores criem interfaces intuitivas com feedback visual e sonoro das decisões do sistema, além de permitir que o usuário revise, modifique e refine os ajustes propostos.

Esses três fatores, apontam que a automação da mixagem por inteligência artificial representa um avanço significativo no campo da produção musical, oferecendo soluções que podem economizar tempo, reduzir custos e até mesmo tornar mais acessível o acesso a serviços de mixagem de qualidade. No entanto, seu sucesso dependerá da capacidade dessas ferramentas de respeitarem a complexidade do processo criativo, oferecendo resultados de alta qualidade, adaptando-se aos fluxos de trabalho reais e promovendo uma iteração transparente e confiável com o usuário. Longe de substituir o engenheiro de som, a IA surge como uma extensão de suas capacidades, uma ferramenta potente que, se bem utilizada, pode ampliar as possibilidades expressivas da mixagem contemporânea.

A aplicação da inteligência artificial (IA) na mixagem não se restringe a um recurso auxiliar, mas tem provocado reconfigurações nas práticas profissionais. Conforme apontam Fazekas et al. (2023), a incorporação de algoritmos em processos antes centralizados no engenheiro de som desafia tanto a noção de autoria quanto os critérios de qualidade estética. Nesse sentido, a presença da IA não apenas otimiza tarefas técnicas, mas também tensiona a fronteira entre automatização e criatividade, deslocando papéis tradicionais dentro da indústria fonográfica. Com base nessa pesquisa, é possível distinguir dois grandes níveis de uso da IA nos trabalhos e projetos de mixagem: mixagens totalmente automatizadas e mixagens assistidas por IA.

A automação total refere-se a sistemas em que a IA assume integralmente o controle do processo de mixagem, desde a análise inicial dos sinais até a aplicação de efeitos, equalização, compressão e balanceamento dos canais. Essa modalidade é geralmente encontrada em ferramentas comerciais como o LANDR ou módulos do iZotope Ozone, que permitem que usuários não especializados obtenham resultados técnicos aceitáveis com poucos cliques. Segundo os autores (Moffat e Sandler, 2019) (Fazekas et al., 2023), essas soluções são amplamente utilizadas por músicos independentes, produtores amadores e criadores de conteúdo digital que não têm acesso a engenheiros de áudio profissionais ou estúdios equipados. A IA, nesses casos, analisa características como dinâmica, espectro de frequência e espacialização para aplicar ideias de configurações consideradas com base em banco de dados e aprendizado de máquina supervisionado. A abordagem oferece velocidade e acessibilidade, embora sacrifique, em muitos casos, a personalização estética da mixagem. Ainda de acordo com Moffat e Sandler (2019) e Fazekas et al. (2023), a automação total tem sido aplicada em contextos de alto volume de produção, como trilhas para mídias sociais e jogos, nos quais a uniformidade e a rapidez são mais importantes que a identidade sonora individualizada. Nesses ambientes, a IA é capaz de realizar ajustes de forma autônoma e escalável, sem a necessidade de supervisão humana constante.

A assistência por inteligência artificial, por outro lado, caracteriza um modelo híbrido, no qual a IA atua como ferramenta de apoio ao engenheiro de som, oferecendo sugestões ou automatizando partes específicas do processo. De acordo com os dados levantados por Fazekas et al. (2023), esse é o modo mais aceito entre profissionais experientes, pois permite a manutenção do controle criativo enquanto se aproveitam os benefícios da automação e da análise computacional avançada.

As ferramentas assistidas por IA podem oferecer:

- Sugestões de equalização com base em análise espectral;
- Detecção de conflitos de frequência entre instrumentos;
- Sugestões de panorâmicas;
- Aplicação automática de redução de ruído ou compressão dinâmica;

- Comparações entre versões (A/B testing) com métricas objetivas;

Com base na análise de Fazekas et al. (2023), fica evidente que a inteligência artificial tem potencial para transformar significativamente a prática da mixagem, seja por meio de soluções totalmente automatizadas ou de ferramentas assistivas que ampliam a eficiência sem comprometer a criatividade. A distinção entre esses dois modelos não apenas evidencia os diferentes graus de autonomia da IA, mas também reflete a diversidade de contextos e perfis de usuários na indústria musical contemporânea.

Diferentemente de abordagens que classificam os níveis de controle de inteligência artificial apenas com base no grau de autonomia do sistema, David Moffat e Mark B. Sandler (2019) propõem uma análise mais voltada ao impacto da IA sobre os diferentes tipos de mixagem. Segundo os autores, há quatro categorias distintas de mixagem influenciadas pela inteligência artificial: informativa, sugerida, independente e automática. Essa divisão leva em conta como a IA interage com o engenheiro de mixagem e de que forma as decisões são tomadas ou compartilhadas no processo.

### **1. Mixagem informativa**

A mixagem informativa, também conhecida como *insightive*, caracteriza-se por apresentar o menor grau de intervenção por parte do sistema inteligente. Nessa abordagem, a IA atua apenas como uma fonte de dados e *insights* analíticos, oferecendo informações complementares que auxiliam o engenheiro na tomada de decisões, sem sugerir ações específicas ou automatizar qualquer parte do processo. Essa modalidade é útil para profissionais que desejam preservar controle total sobre o fluxo criativo, utilizando a tecnologia apenas como um recurso de apoio estratégico.

### **2. Mixagem sugerida**

Já na mixagem sugerida, o sistema é capaz de realizar análises sobre o material sonoro e, com base nessas análises apresentar recomendações ao engenheiro. Essas sugestões podem abranger configurações de parâmetros, alterações na cadeia de efeitos, agrupamentos automáticos de canais ou ajustes para minimizar mascaramento perceptivo. Apesar da atuação mais proativa da IA, o controle final continua nas mãos do engenheiro, que pode aceitar, recusar ou modificar as propostas.

### **3. Mixagem independente**

A mixagem independente marca uma transição mais significativa no papel da IA. Nessa abordagem, o sistema recebe tarefas específicas para executar de forma autônoma, sendo responsável por implementar suas próprias decisões, enquanto o engenheiro atua como supervisor. Ainda que o operador humano tenha a possibilidade de intervir ou corrigir ações do sistema, a execução é predominantemente delegada à máquina. Esse modelo é útil para acelerar processos técnicos repetitivos, liberando o engenheiro para se concentrar em aspectos criativos e artísticos da mixagem.

### **4. Mixagem automática**

Por fim, a mixagem automática representa o estágio mais avançado de automação. Nesse nível, o sistema inteligente assume controle completo do processo de mixagem, operando com base em objetivos pré-estabelecidos ou modelos de aprendizado de máquina. A IA é capaz de realizar uma mixagem inteira de forma autônoma, com foco em estilos específicos ou parâmetros técnicos definidos previamente. A participação do engenheiro nesse cenário é mínima, sendo geralmente limitada ao fornecimento de metas ou ajustes pós-processamento.

A proposta de Moffat e Sandler (2019) destaca como a inteligência artificial pode intervir em diferentes aspectos do processo de mixagem musical, indo além da simples dicotomia entre controle humano e autonomia da máquina. A classificação em quatro tipos de mixagem revela nuances importantes na relação entre engenheiro e sistema inteligente, sendo o grau de controle apenas um dos fatores determinantes. Outros elementos, como a finalidade do uso da IA, o contexto de produção e as preferências do usuário, também devem ser considerados na implementação de sistemas de produção musical inteligente (PMI).

Dessa forma, conclui-se que a aplicação da inteligência artificial na mixagem, segundo ambos os autores Moffat e Sandler, 2019 e Fazekas et al., 2023, não deve ser encarada como uma substituição da criatividade humana, mas como uma ampliação das possibilidades técnicas e estéticas disponíveis ao profissional. A compreensão dos diferentes tipos de automação e das formas de interação entre engenheiro e sistema inteligente permite um uso mais consciente, eficiente e adaptando às necessidades reais da produção musical contemporânea.

## 1.2 A IA QUANTO AO NÍVEL DE PROFISSIONALISMO

Embora Moffat e Sandler (2019) classifiquem de forma mais ampla a inteligência artificial a partir dos níveis de autonomia nos processos de mixagem e Fazekas et al. (2023) focalizem os perfis de usuários e suas formas de apropriação da tecnologia, ambos os trabalhos convergem ao evidenciar que o trabalho da IA na produção musical depende da relação entre quem a utiliza e como ela atua no processo criativo. Em outras palavras, a escolha entre uma mixagem informativa, sugerida, independente ou automática tende a se alinhar ao grau de experiência e às demandas específicas de cada usuário, amadores, intermediários ou profissionais. Essa articulação permite compreender de maneira mais ampla não apenas as funcionalidades técnicas da IA, mas também os modos como diferentes agentes do campo musical a integram em seus fluxos de trabalho.

### **1. Nível amador: a IA como solução de autonomia e acessibilidade**

Usuários amadores são, geralmente, músicos independentes, criadores de conteúdo ou iniciantes na produção musical. Estes indivíduos têm acesso limitado ao conhecimento técnico especializado e, em muitos casos, trabalham com recursos financeiros e tecnológicos restritos. Para esse grupo, a IA surge como uma alternativa acessível, pois permite resultados satisfatórios sem a necessidade de formação técnica em engenharia de áudio.

Conforme descrito pelos autores, os usuários amadores tendem a adotar sistemas de automação total, como LANDR ou o BandLab mastering, nos quais o processo de mixagem é completamente realizado por algoritmos predefinidos. Nesses sites, o usuário apenas envia os arquivos de áudio e, em poucos minutos, recebe uma mixagem pronta, baseadas em análises estatísticas de amplitude, espectro e dinâmica. Não há exigência de intervenção manual. Esse uso tem impactos positivos e negativos. Por um lado, promove a integração de usuários amadores no campo, possibilita a produção fonográfica com qualidade técnica mínima e reduz o tempo e o custo de produção. Por outro lado, limita a compreensão do processo criativo e impede a personalização sonora, já que as decisões são tomadas por modelos treinados em grandes bases de dados, muitas vezes padronizados.

## **2. Nível intermediário: a IA como recurso educacional e de apoio criativo**

Usuários intermediários são aquelas que já possuem alguma formação técnica, geralmente adquirida por meio de cursos livres, tutoriais online ou prática autodidata. Eles dominam conceitos fundamentais da mixagem, como equalização, compressão, panorâmica e automação, mas ainda buscam aperfeiçoamento em termos de fluidez, criatividade e refinamento técnico. Para esse público, a IA é usada de forma assistida, não como um substituto, mas como um guia inteligente. Ferramentas como o iZotope Neutron ou o Gullfoss AI fornecem sugestões de tratamento sonoro, detectam conflitos de frequência entre faixas e propõem ajustes de ganho e equalização com base em análise espectral. No entanto, cabe ao usuário aceitar, modificar ou rejeitar essas sugestões.

De acordo com Fazekas et al. (2023), essa camada de usuários vê a IA como uma aliada no processo de aprendizagem. Ao comparar suas decisões com as indicações da IA, é possível compreender melhor os fundamentos da mixagem e desenvolver senso crítico. Além disso, a automação de tarefas repetitivas, como normalização de volume, detecção de ruídos ou compressão padrão, libera tempo e energia para decisões estéticas mais relevantes. Este nível de profissionalismo demonstra um uso reflexivo da IA, que mescla aprendizado prático com criatividade, contribuindo para a formação de novos engenheiros de áudio e produtores conscientes de sua identidade sonora.

## **3. Nível profissional: a IA como Extensão estratégica das capacidades humanas**

No nível profissional, encontram-se engenheiros de som, produtores musicais e técnicos com vasta experiência em estúdios de gravação e mixagem. Esse grupo domina profundamente as ferramentas analógicas e digitais, tem uma escuta crítica refinada e um repertório técnico-estético construído ao longo de anos de prática ou por uma formação profissional extensiva. Profissionais dessa categoria utilizam a IA de maneira estratégica, geralmente em contextos de alto volume de produção, prazos apertados ou processos que exigem agilidade sem perda de qualidade. A IA é vista como uma extensão de suas habilidades, não como um agente autônomo. Isso significa que o profissional usa a IA para acelerar tarefas mecânicas, realizar análises comparativas, otimizar rotinas de *workflow* e, principalmente, testar alternativas criativas que podem não ser imediatamente intuitivas.

Fazekas et al. (2023) aponta que, para esses usuários, a IA é incorporada ao ambiente de produção como um copiloto inteligente. Ferramentas como o iZotope Ozone ou plug-ins baseados em aprendizado profundo (*deep learning*<sup>2</sup>) são utilizados para ajustes finos, mas todas as decisões finais são validadas pelo engenheiro humano. Há uma clara valorização do julgamento subjetivo e da assinatura sonora individual. Além disso, profissionais frequentemente participam do treinamento ou customização de modelos de IA, utilizando seus próprios dados e preferências. Esse processo amplia a sinergia entre homem e máquina, mas também evidencia um aspecto crítico: o fato de que o conhecimento, a experiência e a identidade estética do engenheiro passam a ser incorporados pelo sistema. Nesse sentido, não apenas a mixagem ou o resultado sonoro são produtos do processo, mas o próprio profissional torna-se, em alguma medida, parte do insumo que alimenta e molda a inteligência artificial.

#### **4. A escalabilidade da IA conforme o nível de profissionalismo**

A relação entre IA e profissionalismo na mixagem musical não é estática, mas sim escalável e evolutiva. Um mesmo usuário pode transitar entre os três níveis ao longo de sua trajetória, conforme avança em conhecimento e experiência. A IA, nesse sentido, pode atuar como catalisadora desse progresso, oferecendo autonomia para o iniciante, ferramentas educativas para o usuário intermediário e recursos avançados para o profissional consolidado. Essa perspectiva progressiva também evidencia que a IA não elimina a necessidade de formação técnica, mas sim reconfigura sua aplicação. A verdadeira excelência em mixagem, na era da IA, não está em substituir o humano pela máquina, mas em integrar as forças de ambos: a capacidade de análise sistemática da IA com as sensibilidades estéticas do engenheiro.

A aplicação da inteligência artificial na mixagem musical representa uma mudança paradigmática, cuja eficácia está diretamente relacionada ao nível de profissionalismo do usuário. Essa abordagem pode ser sintetizada na tabela da Figura 1. Para amadores, oferece acessibilidade e autonomia; para intermediários; suporte ao aprendizado e criatividade; e para profissionais, expansão estratégica das capacidades humanas. Os estudos de Moffat e Sandler (2019) e subsequentemente

---

<sup>2</sup> Deep Learning (ou aprendizado profundo) é uma subárea do aprendizado de máquina (machine learning) que utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas para modelar padrões complexos em grandes volumes de dados.

de Fazekas et al. (2023) evidenciam que a IA, longe de ser uma ameaça à profissão, pode ser um agente de ampliação técnica, educacional e artística, desde que utilizada com consciência crítica e domínio técnico.

Figura 1 – Perfis de Usuários de Ferramentas Inteligentes

<b>Ferramentas Inteligentes/Usuário</b>	<b>Amadores</b>	<b>Semi-profissionais</b>	<b>Profissionais</b>
<b>Caso de uso</b>	Criar mixagem decente	Ferramenta de aprendizado e exploração	Automatizar tarefas repetitivas e que consomem tempo
	Como ferramenta de aprendizado	Para encontrar um ponto de partida	Co-criação e assistência
		Automatizar tarefas técnicas	Para encontrar um ponto de partida/direção para mixagem
		Criatividade e inspiração	Criatividade e inspiração
<b>Expectativas</b>	Autônomo com menos controle	Avançado e mais controle	Altamente avançado e ampla gama de opções de controle
	Custo-benefício	Preciso e exato	Preciso e exato
	Fácil de usar	Assistivo	Assistivo
		Custo-benefício	Fácil integração no fluxo de trabalho atual
		Fácil integração no fluxo de trabalho atual	Consciente do contexto
<b>Sentimento</b>	Positivo	Cautelosamente positivo	Misto

Fonte: Adaptado de (Fazekas et al., 2023, p. 8)

### 1.3 FERRAMENTAS DE IA E SUAS AUTOMAÇÕES

Como observado nas seções anteriores, a inserção da inteligência artificial no fluxo de trabalho da mixagem musical tem reconfigurado práticas tradicionais, tornando-se uma aliada em diversos níveis de complexidade e profissionalismo. A natureza e profundidade das atividades realizadas por ferramentas baseadas em IA variam de acordo com o nível de conhecimento e a experiência dos usuários, podendo ir desde uma automação total de parâmetros como volume e equalização até sugestões refinadas de compressão multibanda e efeitos espaciais baseadas em análise de espectro.

As ferramentas assistivas de mixagem representam um avanço significativo na aplicação da inteligência artificial nos fluxos de trabalho da produção musical. Esses recursos atuam como

suporte técnico e criativo, oferecendo ao usuário sugestões automatizadas ou semiautomatizadas com base em análises sonoras em tempo real. Entre as funcionalidades mais comuns, destacam-se os equalizadores inteligentes, que ajustam curvas de frequência de acordo com a densidade espectral do sinal; os reverbs inteligentes, que adaptam os parâmetros espaciais ao conteúdo harmônico; e os *smart vocal riders*, que realizam controle automático de volume em vocais, mantendo-os consistentes na mixagem. Essas soluções não substituem o engenheiro de áudio, mas ampliam sua eficiência e precisão, sendo especialmente úteis para usuários de níveis iniciante e intermediário. Diversas empresas têm se destacado no desenvolvimento dessas tecnologias, entre elas iZotope, com as linhas Neutron e Ozone; Sonobile, com os plugins da série Smart; e a Focusrite, que passou a incorporar IA em seus fluxos de produção e interfaces.

No nível amador, destacam-se ferramentas cujo foco está na automação total da mixagem e masterização, oferecendo resultados prontos com base em modelos estatísticos treinados com grandes bases de dados de produções profissionais. O Landr, da MixGenius, é uma das plataformas mais populares nesse segmento, realiza o balanceamento automático de volume entre pistas, aplica equalização global baseada em curvas de referência, utiliza compressão automática para nivelar dinâmicas e executa limitação (*limiting*) para elevar o volume final sem distorções. A plataforma também aplica excitação harmônica e ajustes de estéreo *widening* (alargamento da imagem estéreo), permitindo ao usuário escolher entre diferentes “intensidades” de masterização como “*warm*”, “*balanced*” e “*open*”, mas sem oferecer controle manual refinado (All things new, 2024).

Outra ferramenta comum entre os iniciantes é o LALAL.IA, especializada em separação de *stems*. A IA é treinada para identificar e extrair elementos como vocais, baixos, bateria e instrumentos harmônicos, possibilitando ao usuário remixar ou processar elementos isoladamente sem conhecimento de técnicas complexas de gravação ou edição. Essa função facilita a mixagem paralela e a criação de versões alternativas de faixas, tornando o processo mais acessível para usuários sem formação técnica ou DJs. No caso dos DJs, em especial, essa tecnologia representa uma ampliação significativa de possibilidades criativas, permitindo a construção de *mashups*<sup>3</sup>, remixes ao vivo e *sets* personalizados com maior rapidez e flexibilidade, mesmo sem acesso às faixas multicanais originais.

Para usuários intermediários, que já têm noções de mixagem e desejam maior controle criativo, a IA passa exercer um papel assistivo, sugerindo configurações com base em análises dinâmicas, mas permitindo personalizações. Ferramentas como o iZotope Neutron e o RoEx2 são

---

<sup>3</sup> Mashups são produções musicais que resultam da combinação de duas ou mais gravações pré-existentes, geralmente sobrepondo elementos como vocais, instrumentais ou batidas, de modo a criar uma nova faixa.

exemplos dessa tecnologia emergente. O iZotope Neutron é um exemplo clássico e proeminente de uma ferramenta de mixagem com inteligência artificial assistida (iZotope 2024). Seu principal diferencial está na utilização de algoritmos de aprendizado de máquina (*machine learning*<sup>4</sup>) que fazem uma análise espectral detalhada das faixas individuais para sugerir automaticamente ajustes de equalização, compressão, excitação harmônica e posicionamento estéreo. Seu modelo de IA não assume o controle total, mas funciona como um assistente inteligente que propõe configurações iniciais, poupando tempo na etapa de mixagem e oferecendo um ponto de partida consistente. A interface do Neutron é bastante intuitiva, com visualizações em tempo real que permitem ao usuário observar mudanças no espectro sonoro, nos níveis e na dinâmica, facilitando a tomada de decisão informada. O usuário mantém amplo controle manual sobre todos os parâmetros, podendo aceitar, rejeitar ou modificar as sugestões do sistema a qualquer momento, o que o torna ideal para engenheiros que querem aliar agilidade com liberdade criativa. Esse equilíbrio entre automação e controle manual caracteriza o Neutron como uma ferramenta de IA assistida, onde a inteligência artificial colabora, mas não substitui o engenheiro de som.

Figura 1 – Density, iZotope Neutron



Fonte: <https://www.izotope.com/en/products/neutron.html>. Acesso em: 25 jun. 2025.

<sup>4</sup> Machine Learning (aprendizado de máquina) é uma subárea da inteligência artificial que se dedica ao desenvolvimento de algoritmos e modelos capazes de identificar padrões em dados e tomar decisões ou realizar previsões sem depender de instruções explícitas e rígidas.

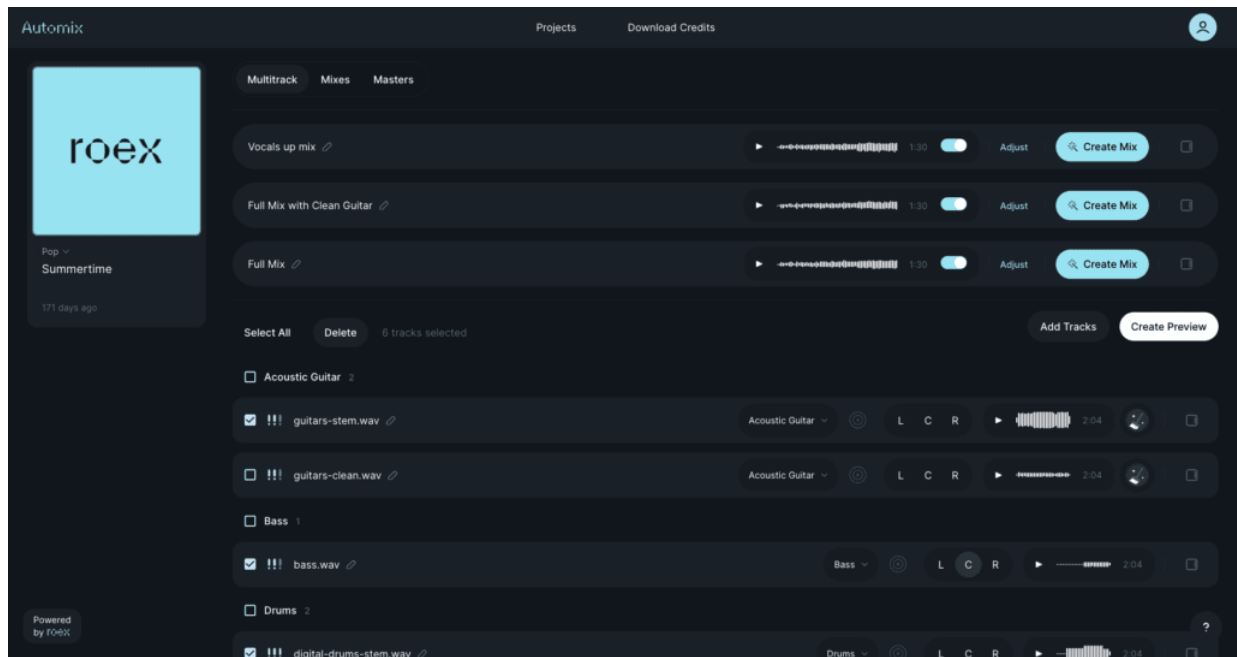
Figura 2 – Clipper, iZotope Neutron



Fonte: <https://www.izotope.com/en/products/neutron.html>. Acesso em: 25 jun. 2025.

O RoEx2, por sua vez, representa um modelo mais próximo de mixagem automática com possibilidade de operação autônoma em alguns casos. Desenvolvido especialmente para mixagens multicanal, seus algoritmos são otimizados para lidar com cenários complexos onde a distribuição espacial do sinal é crucial, como em produção de áudio 5.1 ou formatos imersivos. A interface do RoEx2 é funcional, mas menos focada na visualização detalhada do espectro ou da dinâmica. Ela prioriza a eficiência e a entrega rápida de resultados consistentes. A ferramenta pode operar automaticamente para gerar mixagens finais com intervenção mínima do usuário, mas também oferece opções para ajustes manuais, permitindo controle sobre parâmetros-chave quando necessário. No entanto, em comparação ao Neutron, o RoEx2 tende a delegar mais autonomia à IA, podendo ser visto como uma solução mais próxima da automação total, ainda que mantendo aberturas para a personalização.

Figura 3 – RoEx2



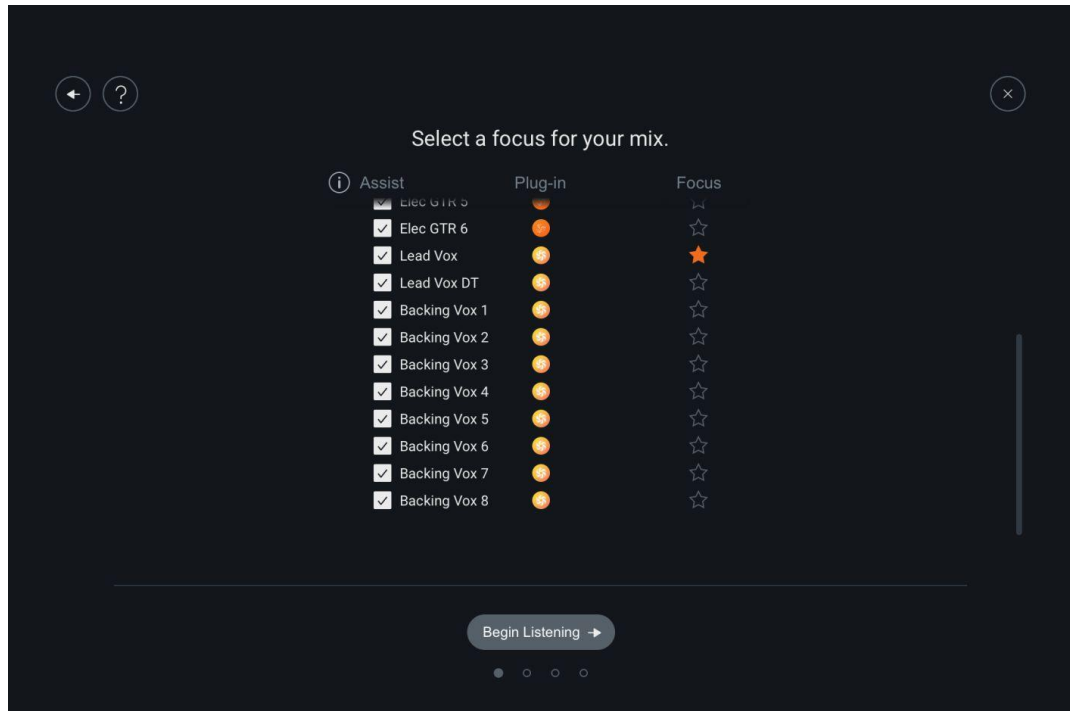
Fonte: [https://www.aimusicpreneur.com/atbdp\\_listing\\_types/general/](https://www.aimusicpreneur.com/atbdp_listing_types/general/).

Acesso em: 25 jun. 2025.

A inserção da inteligência artificial na mixagem representa uma transformação significativa na prática e na cultura da produção sonora. Enquanto sistemas totalmente automatizados oferecem acessibilidade e agilidade, principalmente para usuários com poucos recursos técnicos, as ferramentas assistidas permitem que profissionais experientes ampliem suas capacidades criativas e produtivas. O estudo de Fazekas et al. (2023) evidencia que o futuro da mixagem musical não está na substituição completa do fator humano, mas na colaboração inteligente entre máquinas e pessoas, onde a IA atua como parceira estratégica no processo criativo e técnico.

O Neutron também oferece um recurso chamado *Mix Assistant*, que realiza uma análise espectral de cada *stem track* (voz, bateria, baixo etc.) e sugere níveis de volume adequados com base em práticas de mixagens comerciais. Além disso, ele aplica equalização automática por faixa, realizando cortes e reforços de frequência para evitar mascaramento sonoro, além de configurar compressores multibanda, adaptando-se à dinâmica do sinal. Ele também ajusta excitadores harmônicos, *imagers* estéreo e *transient shapers*, sendo todas essas decisões ajustáveis pelo usuário, o que reforça o caráter educativo da ferramenta (Music Radar, 2019).

Figura 4 - Mix Assistant, iZotope Neutron



Fonte: <https://www.izotope.com/en/products/neutron/features/mix-assistant.html>

Acesso em: 25 jun. 2025.

Outro software relevante para esse nível é o Smart:EQ 3, da empresa Sonobile. Esta ferramenta é voltada especificamente para a equalização automática, funcionando tanto em canais individuais quanto em múltiplas faixas simultaneamente (modo multipista). O Smart:EQ 3 analisa o conteúdo espectral e aplica curvas de correção para cada instrumento, de forma a evitar sobreposições frequenciais. Ele também permite definir “grupos” de pistas (por exemplo, voz, guitarra e teclado), ajustando automaticamente os filtros de cada uma para que se complementem no espectro de forma coerente, promovendo clareza e separação entre os elementos do arranjo.

No nível profissional, o uso da IA ocorre em um regime de colaboração criativa, no qual o engenheiro de som mantém o controle total sobre as decisões estéticas e técnicas, utilizando a IA como uma extensão da sua capacidade analítica e auditiva. O iZotope Ozone 11, amplamente utilizado em estúdios comerciais, realiza uma análise de tonalidade e *loudness* da faixa a ser masterizada e sugere uma cadeia de processamento que pode incluir EQ tonal, compressão multibanda, *limiting* adaptativo, maximização de *loudness* (com controle de *true peak* e LUFS) e *imager* estéreo com foco em mono *compatibility*. O módulo *master assistant* oferece *presets* com base em estilos musicais ou faixas de referência, mas os parâmetros são totalmente ajustáveis. O software também inclui um *matching EQ*, que permite aplicar automaticamente a curva de frequência de uma faixa comercial à produção em questão, facilitando a conquista de uma sonoridade competitiva (Everything Recording, 2019).

Outra tecnologia emergente, voltada para profissionais, é o Diff-MSTC, que funciona como um plug-in integrado ao Cubase. Baseado em aprendizado profundo, o sistema é treinado para prever parâmetros de mixagem, como: ganho de canal, pan, EQ, reverb e compressão, a partir de uma faixa de frequência sonora. Os parâmetros são aplicados de maneira interpretativa, e o profissional pode então ajustar detalhadamente cada um conforme sua estética. A proposta é agilizar o processo de alcançar uma sonoridade próxima a uma referência sem comprometer o julgamento crítico do engenheiro (Fazekas et al., 2023).

Além disso, a Focusrite, empresa amplamente reconhecida pela qualidade de suas interfaces de áudio, também vem incorporando recursos de inteligência artificial em seus dispositivos e softwares com o intuito de aprimorar e automatizar o fluxo de trabalho de gravação e mixagem. Essa inovação é evidenciada em funcionalidades como o sistema Auto Gain, presente em interfaces das linhas Scarlett e Clarett+, que utilizam algoritmos baseados em IA para ajustar automaticamente o ganho de entrada conforme o nível do sinal, prevenindo clipes indesejados e otimizando a captação sonora. De forma complementar, a integração entre hardware e software por meio do aplicativo Focusrite Control tem permitido o desenvolvimento de fluxos assistidos por IA, com sugestões automatizadas de roteamento de sinal, configurações de monitoramento em tempo real e parametrização específica de acordo com a natureza espectral e dinâmica sonora. Tais avanços têm sido particularmente valiosos para usuários iniciantes e intermediários, promovendo uma experiência mais intuitiva e profissionalizada. A adoção da IA pela Focusrite, portanto, representa uma tendência estratégica no setor de áudio digital, contribuindo para facilitar a produção musical de qualidade (Focusrite, 2025).

Conclui-se que a inteligência artificial não apenas amplia as possibilidades de criação e finalização sonora, mas também se adapta às necessidades e níveis de habilidade dos diferentes perfis de produtores. Enquanto os amadores se beneficiam da automação total para obter resultados rápidos e satisfatórios, os intermediários utilizam a IA para desenvolver competências técnicas por meio de sugestões inteligentes, e os profissionais exploram ferramentas avançadas como parceiras estratégicas na busca por excelência e originalidade na mixagem musical.

## 2 A OBRA MUSICAL: CONTEXTO, CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA MÚSICA

A canção “Loucamente” foi composta por Natan Spegiorin Surek, Guilherme Mathias Harmuch, João Victor Veres, Vinicius Thomaz e Bruno Gelczaki, integrantes de um grupo de amigos que, à época, se autodenominavam “Reitoria”. Inserida no gênero pop, a obra se apresenta como uma *love song* de caráter leve, otimista e emocionalmente sincero. A letra aborda o amor sob a perspectiva do arrependimento e do reencontro, em que o eu lírico expressa saudade e desejo de reviver uma relação passada. O refrão, marcado pela repetição da expressão “loucamente sou”, enfatiza a entrega emocional e a espontaneidade afetiva típicas das produções pop-românticas contemporâneas.

Do ponto de vista estético, “Loucamente” aproxima-se de produções brasileiras que combinam o pop com elementos do reggae e do rock leve urbano, em uma sonoridade semelhante à de artistas como Pollo (“Vagalumes”), Natiruts (“Andei Só”) e Charlie Brown Jr. (“Céu azul”). Assim como nessas referências, a música busca transmitir naturalidade e autenticidade por meio de timbres acústicos e de uma instrumentação orgânica, que valoriza a simplicidade e a clareza das texturas sonoras.

A estrutura formal da composição é fluida e equilibrada: um compasso de introdução conduz à primeira estrofe (dezoito compassos e meio), seguida de um refrão de nove compassos e um solo de violão principal com oito compassos. A segunda estrofe, com dezesseis compassos, apresenta variação rítmica em formato de rap, conduzindo ao retorno do refrão e a uma seção final de sete compassos, que retoma a primeira parte de um modo modificado e mais curto. O arranjo se desenvolve gradualmente, com os violões panoramizados estabelecendo a base harmônica e o caráter intimista da canção. A partir do compasso quinze, entram o baixo, o bongo e o cajon, formando a “cama” rítmica que sustenta o clima leve e pulsante. Nos compassos dezoito e cinquenta e dois, arranjos marcam a transição para o refrão, enquanto o solo principal no compasso vinte e nove e o contracanto no compasso trinta e seis e meio acrescentam movimento a expressividade à textura instrumental.

A concepção sonora da obra foi orientada pela busca de leveza, organicidade e sinceridade emocional, em coerência com sua temática romântica. A produção priorizou a criação de um ambiente íntimo e acolhedor, com timbres acústicos, dinâmica equilibrada e mínimo processamento eletrônico. As decisões de mixagem seguiram uma abordagem minimalista (no sentido de simplicidade), com foco na presença vocal e no brilho natural dos violões, sustentados pela profundidade sutil do baixo e do piano. O resultado é uma sonoridade coesa e transparente, que

reforça a intenção de transmitir emoção por meio da simplicidade e da naturalidade, consolidando “Loucamente” como uma representação contemporânea do pop acústico brasileiro.

## 2.2 PROCESSO DE GRAVAÇÃO E ARRANJO

A gravação da música “Loucamente” foi realizada em um *home studio* idealizado e operado por Natan Spegiorin Surek, um dos autores da obra. O ambiente doméstico foi adaptado para comportar todas as etapas do processo de produção, desde a captação dos instrumentos, até a finalização do material bruto, garantindo um controle criativo integral por parte do compositor-produtor.

O arranjo da canção foi concebido a partir de uma base acústica, estruturada em dois violões, distribuídos nos canais esquerdo e direito (L/R), de modo a criar uma espacialização ampla e equilibrada. Além dessa base, foram adicionados elementos percussivos como cajon e bongo, que conferem organicidade e sustentação rítmica ao conjunto. O piano e o baixo reforçam o campo harmônico da faixa, enquanto a voz principal conduz a linha melódica e expressiva da canção, centrada na interpretação emocional da letra. Alguns solos e contracantos de violão foram inseridos pontualmente, contribuindo para o dinamismo e expressividade do arranjo.

A primeira sessão de gravação foi realizada no home studio de um dos autores da obra, utilizando o software Pro Tools em conjunto com a interface de áudio Behringer U-Phoria UMC204HD. Nessa etapa inicial, foram registrados os instrumentos base com os microfones Audio-Technica AT2020, empregado principalmente para voz e violão, e Shure SM57, destinado à complementação de timbres e percussões. O baixo foi captado em linha a partir de um teclado, utilizando o timbre interno do próprio instrumento, de forma semelhante ao funcionamento de um instrumento virtual. Posteriormente, visando correções de afinação e a finalização da obra, foi realizada uma segunda sessão de gravação no estúdio do Departamento de Artes da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Nessa fase, foram regravados os violões base e gravada a voz principal, com o uso dos microfones Shure SM81 e RodeNT1-A, conectados a uma mesa digital Yamaha 01V96i, que proporcionou maior controle de pré-amplificação e qualidade de captação. Em ambas as etapas, não foram aplicados plugins ou efeitos digitais durante a gravação, a fim de preservar o caráter natural e o timbre original dos instrumentos. O uso de recursos de processamento foi restrito à etapa de mixagem, desenvolvida posteriormente com foco no equilíbrio tonal e na coerência espacial entre os elementos.

O resultado sonoro obtido reflete a busca por uma estética acústica, intimista e orgânica, alinhada à proposta romântica e leve da composição. O arranjo prioriza a clareza das vozes e dos

violões, transmitindo proximidade e naturalidade ao ouvinte, características frequentemente associadas ao gênero pop acústico.

### 2.3 JUSTIFICATIVA DA OBRA COMO OBJETO DE ESTUDO

A escolha da música “Loucamente” como objeto de estudo justifica-se pela sua estrutura relativamente clara e articulada, características do gênero pop, o que permite a análise detalhada de elementos como arranjo, timbre, dinâmica e espacialização sonora. A canção apresenta uma base acústica com instrumentos distintos, incluindo violões, percussão leve, piano, baixo e voz, proporcionando um panorama completo de camadas musicais que podem ser avaliadas tanto manualmente quanto por algoritmos de inteligência artificial.

Além disso, a obra se destaca por sua coerência estética e intencionalidade sonora, com escolhas de mixagem e arranjo que refletem decisões criativas claras, o que facilita a identificação de diferenças entre uma mixagem manual e uma mixagem assistida por IA. A presença de elementos harmônicos e rítmicos definidos, aliados a uma expressividade vocal e instrumental consistente, permite a observação de nuances que são essenciais para avaliar a capacidade da inteligência artificial em reproduzir critérios subjetivos de mixagem, como equilíbrio, transparência e destaque de elementos melódicos.

Outro aspecto relevante é o tamanho e complexidade moderada da faixa, que torna o experimento manejável em termos técnicos, sem comprometer a diversidade sonora necessária para uma análise significativa. Dessa forma, “Loucamente” se mostra adequada para a comparação entre abordagens de mixagem, permitindo avaliar tanto os resultados perceptivos quanto os critérios objetivos utilizados pelo IA, bem como compreender as implicações artísticas da automação na produção musical contemporânea.

### 3 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A MIXAGEM MANUAL E A MIXAGEM COM O USO DE IA

#### 3.1 PROCEDIMENTO DA MIXAGEM MANUAL

A mixagem manual<sup>5</sup> foi realizada na DAW Pro Tools, ambiente amplamente consolidado na indústria musical pela estabilidade e precisão em tarefas de edição e processamento de áudio. Todo o processo foi conduzido sem o auxílio de ferramentas automáticas baseadas em inteligência artificial, utilizando exclusivamente plugins tradicionais e audição crítica como base para as decisões técnicas e estéticas.

O objetivo central da mixagem foi preservar a naturalidade e a organicidade dos instrumentos, buscando um equilíbrio sonoro, coeso e transparente, no qual os elementos se relacionassem de maneira equilibrada dentro do campo estéreo. Tratando-se de uma produção de caráter essencialmente acústico, a intenção estética foi realçar o clima intimista e romântico da obra, mantendo a voz em primeiro plano e utilizando os violões base de sustentação harmônica principal. Assim, as decisões de processamento, envolvendo equalização, compressão, ajustes de dinâmica, panoramização e efeitos complementares, foram tomadas de forma a construir uma ambiência suave e envolvente, que reforçasse o sentimento emocional da canção sem comprometer sua clareza e definição.

##### 3.1.1 Organização de panorâmicas e volumes

A etapa inicial da mixagem constitui no ajuste dos níveis de volume e posicionamento panorâmico das faixas, etapa fundamental para estabelecer o equilíbrio espacial e a coerência da imagem estéreo. Buscou-se uma distribuição equilibrada entre os elementos centrais e laterais, de modo que cada instrumento ocupasse seu espaço sonoro sem sobreposição excessiva de frequências.

A voz principal foi mantida centralizada, destacando-se como foco expressivo da canção. Os violões base, gravados em estéreo, foram distribuídos à esquerda e à direita com leve diferença de intensidade, a fim de criar uma sensação de abertura e profundidade no campo estéreo. O violão posicionado à esquerda foi trabalhado com um timbre mais grave e encorpado, oferecendo sustentação harmônica e preenchimento das frequências médias-baixas, enquanto o violão à direita apresentou um caráter mais agudo e brilhante, conferindo definição e leveza ao conjunto. Essa contraposição tonal favoreceu o equilíbrio espectral entre os canais, reforçando o caráter acústico

---

<sup>5</sup> Mixagem manual se encontra disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1lsXjB9TIKp5EFyyZo3N-mtR9ufNKqTgN/view?usp=sharing>. Acesso em: 29, nov., 2025.

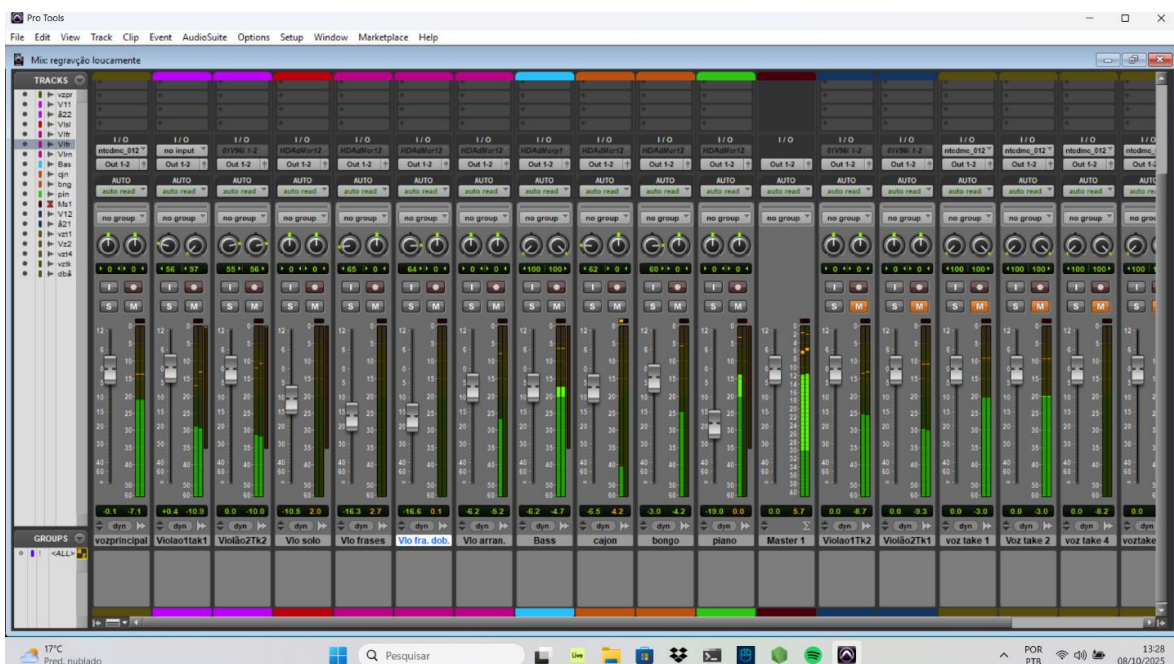
e a naturalidade da textura harmônica, além de ampliar a sensação de ambiente real característica da proposta estética da obra.

Além dos violões base, a faixa conta com camadas adicionais de arranjos e um solo principal de violão, que contribuem para o desenvolvimento melódico e para a expressividade geral da canção. Esses elementos foram posicionados de forma a não interferirem clareza da base rítmica, mantendo-se em planos ligeiramente mais recuados no campo estéreo. Na estrofe 2, foi inserido um arranjo de contracanto ao violão, centralizado, posicionado próximo ao eixo para reforçar o diálogo entre violão e voz para não competir com a linha melódica principal. O solo principal, por sua vez, recebeu tratamento centralizado e levemente destacado em volume, assegurando sua função de destaque temático sem comprometer o equilíbrio geral da mixagem. Essa organização permitiu que os arranjos dialogassem com os demais instrumentos de maneira fluida, enriquecendo a textura sem saturar o espaço sonoro.

Os instrumentos base, como baixo e piano, permaneceram ao centro, atuando como eixo de sustentação rítmica e harmônica. Já os elementos percussivos, como cajon e bongo, receberam posicionamento lateral moderado, o que contribuiu para a dinâmica e movimentação do campo estéreo, sem competir com a região média da voz e dos violões.

Essa etapa visou construir um balanço inicial estável, servindo de referência para as próximas intervenções plug-ins de processamento. O resultado foi uma imagem sonora ampla, porém coesa, preservando o caráter acústico e a clareza individual de cada instrumento dentro do conjunto.

Figura 5 – Mix window, Pro Tools (Música Loucamente)



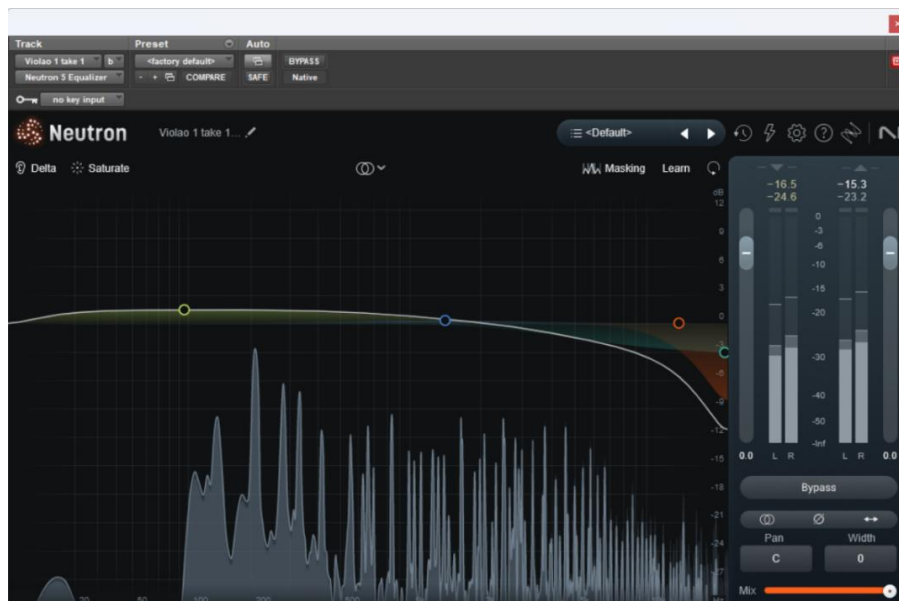
Fonte: elaboração própria (2025). Observação: as faixas mutadas não fazem parte da obra.

### 3.1.2 Equalização e compressão dos violões base

Os violões base foram tratados de forma complementar no espectro de frequências, buscando um equilíbrio natural entre corpo e brilho. O violão posicionado à esquerda (base L), de timbre mais encorpado e grave, recebeu um realce moderado nas frequências médias e um corte sutil nas altas, favorecendo o preenchimento harmônico sem competir com os elementos centrais, já o violão à direita (base R), de caráter mais agudo e brilhante, foi equalizado com maior ênfase nas faixas altas e um leve atenuamento nas regiões médias, de modo a garantir a definição e presença. Essa abordagem visou manter a distinção tímbrica entre ambos, reforçando a sensação de abertura estéreo e a naturalidade do arranjo acústico. As configurações de equalização podem ser observadas nas figuras 6 e 7.

A compressão foi utilizada com o intuito de estabilizar a dinâmica das performances sem comprometer a expressividade natural dos instrumentos. Em ambos os canais, adotaram-se ajustes sutis de *ratio*<sup>6</sup> e *threshold*<sup>7</sup>, permitindo um controle transparente dos picos ocasionais e garantindo uniformidade no plano harmônico. O violão base L recebeu um ataque ligeiramente mais lento, preservando o impacto das palhetadas graves, enquanto o violão base R, de caráter mais brilhante, foi tratado com ataque e release mais rápidos para ressaltar a articulação das cordas agudas. Essa diferença de configuração entre os canais contribuiu para a sensação de movimento e equilíbrio no campo estéreo, respeitando a proposta acústica da obra. As configurações de compressão podem ser visualizadas nas figuras 8 e 9.

Figura 6 – Equalizador violão base L (Música Loucamente)

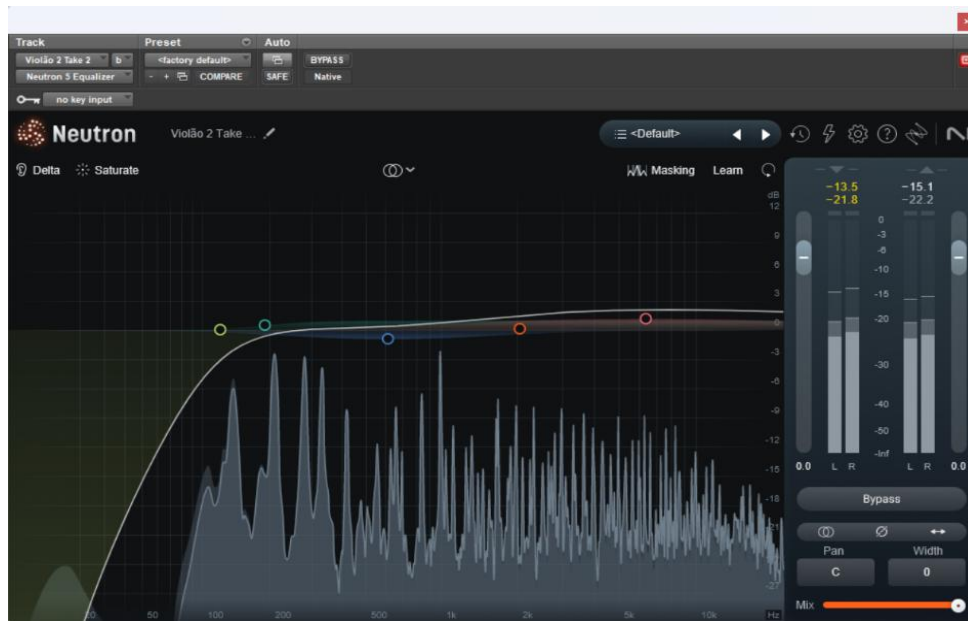


Fonte: elaboração própria (2025).

<sup>6</sup> O *ratio* define a intensidade da compressão aplicada ao sinal que ultrapassa esse limite.

<sup>7</sup> O *threshold* determina o nível a partir do qual o compressor começa a atuar.

Figura 7 – Equalizador violão base R (Música Loucamente)



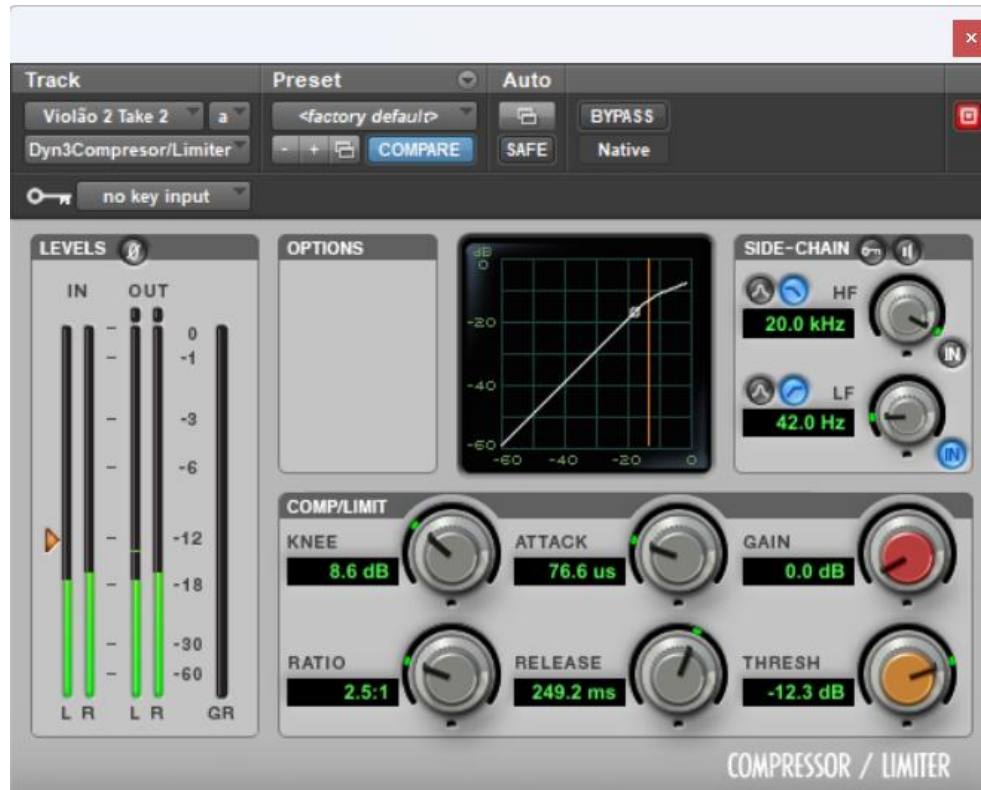
Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 8 – Compressor violão base L (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 9 – Compressor violão base R (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

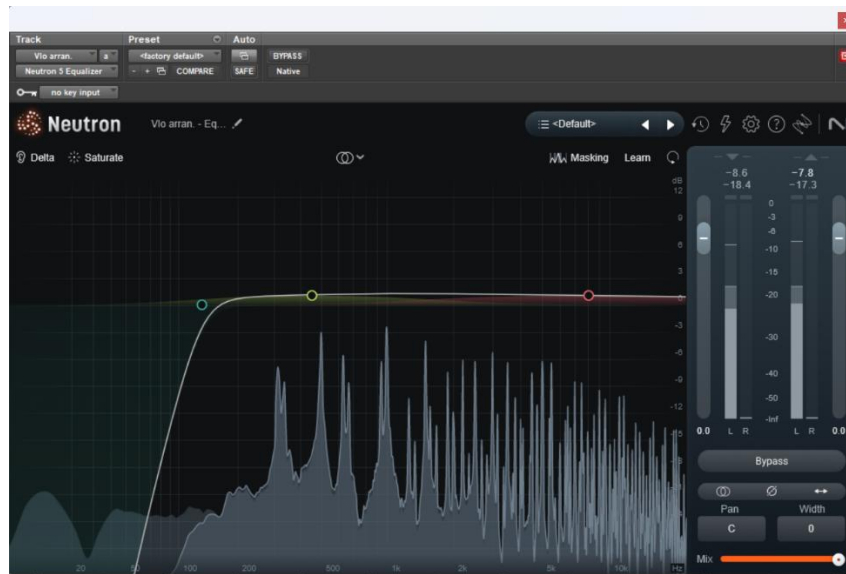
### 3.1.3 Equalização dos arranjos de violão

O violão responsável pelo contracanto na segunda estrofe foi equalizado de forma a destacar sua função melódica sem interferir na clareza da voz principal. Foi aplicado um filtro passa-altas para remover frequências graves desnecessárias, preservando apenas o corpo útil do instrumento e evitando sobreposição com o baixo e demais elementos da região inferior do espectro. Além disso, realizou-se um leve realce nas faixas de médio-agudos e agudos, conferindo brilho e presença ao timbre, o que favoreceu sua projeção no campo central da mixagem. Esse tratamento buscou manter o caráter acústico e expressivo do instrumento, garantindo que o contracanto dialogasse de maneira equilibrada e natural com os demais elementos da canção. As configurações de equalização aplicadas podem ser observadas na figura 10.

Os violões responsáveis pelo solo de entrada dos refrões foram equalizados de maneira semelhante ao contracanto, com o objetivo de preservar a coerência tímbrica entre os diferentes elementos acústicos da faixa. Em ambos, aplicou-se um filtro passa-altas para eliminar o excesso de graves e ruídos de corpo, mantendo o timbre limpo e definido dentro do espectro médio. Também foi realizado um leve realce nas regiões de agudos, por meio de um filtro de prateleira

(*high-shelf*)<sup>8</sup>, o que conferiu brilho e presença ao som, favorecendo sua percepção nas aberturas dos refrões sem comprometer o espaço da voz principal. O equilíbrio tonal buscou realçar o caráter melódico desses solos de violão, mantendo-os sutis e integrados ao ambiente acústico da mixagem. As configurações de equalização aplicadas podem ser observadas nas figuras 11 e 12.

Figura 10 – Equalizador violão contracanto segunda estrofe (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 11 – Equalizador violão solo entrada refrão L (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

<sup>8</sup> High-shelf é um tipo de filtro de equalização que aumenta (boost) ou diminui (cut) as frequências de áudio de forma uniforme a partir de uma determinada frequência de corte, e em diante.

Figura 12 – Equalizador violão solo entrada refrão R (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

#### 3.1.4 Equalização e limitação do violão solo principal

O solo principal foi equalizado de forma a ressaltar seu papel expressivo na mixagem, com ajustes voltados à presença e ao brilho característicos de um instrumento em primeiro plano. Aplicou-se um filtro passa-altas para eliminar as frequências graves e ressonâncias indesejadas, garantindo maior clareza e evitando conflitos com os instrumentos de registro mais baixo. Nas regiões médias, foi realizado um leve realce para adicionar corpo e calor ao timbre, enquanto nas faixas de agudos receberam uma ênfase mais acentuada, responsável por conferir definição e destaque. Essa abordagem buscou valorizar a articulação do instrumento e assegurar que o solo se mantivesse claro e evidente dentro do contexto acústico da canção. As configurações de equalização aplicadas podem ser observadas na figura 13.

Após a equalização, o violão solo principal recebeu um tratamento de limitação com intuito de elevar seu volume percebido e controlar eventuais picos dinâmicos. Utilizou-se o plugin Waves L3-LL Maxim (Maxim) como limitador de pico garantindo que o seu sinal não ultrapasse o nível máximo de 0 dB e permanecesse estável dentro da mixagem. O ajuste de limiar foi configurado de forma relativamente baixa, permitindo uma redução significativa nos picos e, conseqüentemente, um aumento no nível geral do instrumento.

Essa abordagem conferiu maior presença e sustentação ao solo, fazendo com que ele se mantivesse em evidência mesmo nos trechos mais densos da canção. Para compensar a limitação acentuada e preservar parte da naturalidade do timbre, foi utilizada uma dosagem de mix equilibrada entre o sinal processado e o original, o que ajudou a reter os transientes e a dinâmica

característica do violão acústico. As configurações de limitação podem ser observadas na figura 14.

Figura 13 – Equalizador violão solo principal (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 14 – Maxim violão solo principal (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.1.5 Compressão e equalização do piano

No piano, a compressão foi utilizada principalmente para garantir estabilidade dinâmica e coesão no conjunto, sem descaracterizar o toque natural do instrumento. O processamento contribuiu para suavizar variações excessivas de intensidade, mantendo a performance expressiva e equilibrada dentro da mixagem. A resposta de ataque e liberação proporcionou um controle delicado dos picos, permitindo que o instrumento soasse presente, mas sem se sobrepor aos violões ou à voz principal. O resultado foi um piano com timbre controlado e sustentação equilibrada, funcionando como base harmônica consistente que preenche o espaço central da imagem estéreo e reforça a sensação de estabilidade e leveza na textura geral da faixa. Essa escolha de tratamento preserva o caráter acústico do instrumento e contribui para a coesão sonora do arranjo. As configurações de compressão podem ser observadas na figura 15.

A equalização aplicada ao piano teve caráter essencialmente corretivo, voltado à eliminação de um ruído localizado na faixa entre 200 e 400 Hz, que comprometia a limpeza e a definição do instrumento. A intervenção nessa região teve o propósito de remover a ressonância indesejada sem alterar de forma significativa o timbre original. O restante da curva de equalização foi construído de maneira sutil, apenas realçando a clareza nas frequências mais altas para trazer leveza e presença ao som, sem exageros que pudessem descaracterizar o piano acústico. O resultado é um instrumento mais limpo e equilibrado, livre de artefatos indesejáveis e com brilho suficiente para se destacar de forma natural no contexto harmônico da faixa. As curvas de equalização podem ser observadas na figura 16.

Figura 15 – Compressor piano base (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 16 – Equalizador piano base (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.1.6 Pitch, compressão e equalização do baixo

No baixo, o plug-in *Avid Pitch II* foi utilizado de forma discreta, com o objetivo de realizar um ajuste fino de afinação. A leve desafinação negativa aplicada (-3 cents) serviu para alinhar o instrumento à referência tonal geral da mixagem, garantindo coerência harmônica entre os demais elementos. Esse tipo de correção, embora praticamente imperceptível ao ouvido, contribuiu significativamente para a sensação de estabilidade e precisão no conjunto, evitando pequenas dissonâncias que podem surgir entre instrumentos gravados em diferentes tomadas ou fontes virtuais. O processamento foi empregado sem adição de *delay* ou efeitos de modulação, mantendo a integridade do timbre original do baixo. O resultado é um instrumento afinado, limpo e coeso, que reforça o fundamento harmônico da faixa sem introduzir colorações artificiais ou variações perceptíveis de *pitch*. O uso criterioso dessa ferramenta demonstra atenção aos detalhes e reforça o caráter técnico e equilibrado da produção. As configurações do *pitch II* podem ser observadas na figura 17.

No baixo, a compressão foi aplicada com a finalidade de uniformizar a dinâmica e garantir que o instrumento permanecesse presente e estável ao longo da faixa. O processamento atuou de forma controlada, suavizando picos mais intensos e conferindo um corpo sonoro coeso, sem comprometer o peso natural das notas graves. O ataque extremamente rápido permitiu conter os transientes iniciais, enquanto a liberação veloz manteve a resposta ágil, preservando o caráter pulsante e definido da execução. As configurações de compressão podem ser observadas na figura 18.

A equalização do baixo buscou realçar a naturalidade do instrumento e equilibrar sua presença dentro do conjunto acústico. Pequenas atenuações na faixa dos médios-graves suavizaram ressonâncias indesejadas, permitindo que o baixo soasse mais definido e se integrasse com clareza ao violão e ao piano.

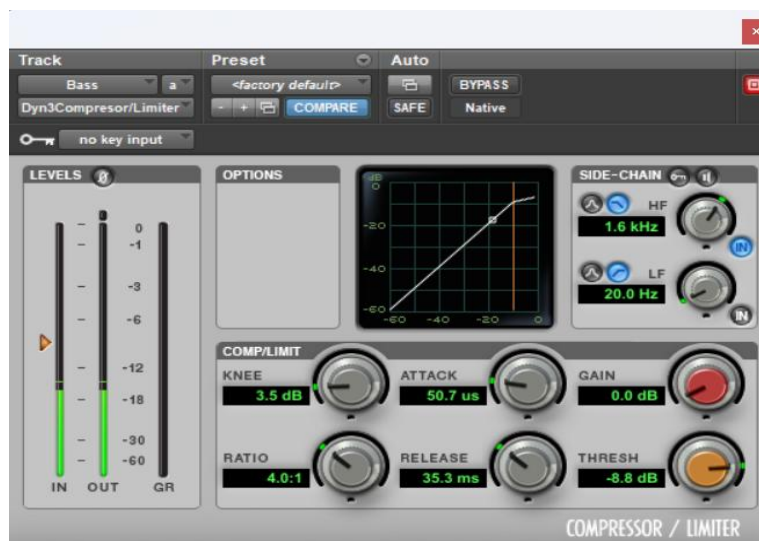
As frequências mais graves foram mantidas de forma controlada, garantindo profundidade e sustentação harmônica sem excessos. Já nas regiões mais altas, um leve realce trouxe brilho aos harmônicos, evidenciando a articulação das notas e preservando o caráter orgânico da execução. O resultado é um baixo com densidade e consistência, que sustenta harmonicamente o arranjo e reforça a sensação de base rítmica firme, contribuindo para o equilíbrio geral da mixagem. Conforme a figura 19.

Figura 17 – Pitch II baixo (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 18 – Compressor baixo (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 19 – Equalizador baixo (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.1.7 Equalização da percussão

No cajon, foi aplicada uma equalização voltada para evidenciar o corpo e a clareza do instrumento dentro do conjunto. Um leve reforço nas frequências graves, em torno de 100 Hz, conferiu maior profundidade e presença às batidas que sustentam o ritmo, enquanto um realce sutil na faixa de médios superiores trouxe definição aos ataques e ao som das mãos sobre o tampo. Essa combinação proporcionou um equilíbrio entre peso e nitidez, fazendo com que o cajon se destacasse de forma natural sem se sobrepor aos demais elementos. O tratamento manteve o caráter acústico do instrumento, contribuindo para a sensação orgânica e coesa da percussão na mixagem. As configurações de equalização podem ser observadas na figura 20.

No bongo, a equalização foi direcionada para destacar a articulação e o brilho natural do instrumento, valorizando seu papel rítmico e percussivo dentro da mixagem. As frequências médias e altas receberam um leve realce, o que trouxe maior definição aos ataques e ressaltou a textura das peles, conferindo vivacidade e presença ao som. Já as frequências mais graves foram suavemente atenuadas, evitando o acúmulo de energia na região médio-baixo e garantindo que o bongo mantivesse um timbre leve e equilibrado. Esse tratamento permitiu que o instrumento se encaixasse da forma harmônica com o cajon, complementando-o sem competir pelo mesmo espaço espectral. As configurações de equalização podem ser observadas na figura 21.

Figura 20 – Equalizador cajon (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 21 – Equalizador bongo (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.1.8 Afinação e equalização voz

Na voz principal, foi aplicada uma correção tonal sutil com o intuito de estabilizar a afinação sem comprometer a expressividade natural da performance. O processamento manteve um comportamento moderado, garantindo que o timbre permanecesse orgânico e livre de artefatos característicos de correções mais agressivas. Essa abordagem permitiu preservar nuances interpretativas, como o vibrato e pequenas variações de entonação, que contribuem para a autenticidade e a emoção transmitida pela voz. O resultado é uma linha vocal afinada, coesa e

natural, em total coerência com a proposta estética da obra. As configurações de afinação podem ser observadas na figura 22.

Na voz principal, a compressão foi empregada de forma transparente, com o objetivo de controlar as variações dinâmicas naturais da performance sem comprometer sua expressividade. O processamento atuou de maneira suave e precisa, reduzindo picos ocasionais e garantindo que a voz permanecesse constante e equilibrada ao longo da faixa. O tempo de ataque extremamente rápido contribuiu para conter os transientes mais intensos, enquanto o release intermediário manteve uma sensação de fluidez e naturalidade entre as frases vocais. Essa configuração assegurou uma presença sólida e estável no plano central da mixagem, permitindo que a voz se destacasse com clareza sem soar comprimida em excesso. O resultado é uma linha vocal coesa, nítida e bem integrada ao conjunto sonoro. As configurações de compressão podem ser observadas na figura 23.

Figura 22 – Auto-Tune Pro voz (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 23 –Compressor voz (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.1.9 Reverb no master

No canal master, foi adicionado um leve ambiente de reverberação com o intuito de promover coesão e profundidade ao conjunto. O reverb foi aplicado de maneira extremamente sutil, apenas o suficiente para criar a sensação de que todos os instrumentos compartilham o mesmo espaço acústico, sem alterar significativamente o timbre ou a imagem estéreo. Esse tratamento contribuiu para a unidade geral da mixagem, suavizando as transições entre os elementos e reforçando a percepção de ambiente natural. O resultado é uma sonoridade mais coesa e imersiva, na qual cada instrumento se mantém claramente audível, porém integrado de forma harmônica ao todo. As configurações do ambiente podem ser observadas na figura 24.

Figura 24 –Reverb master (Música Loucamente)



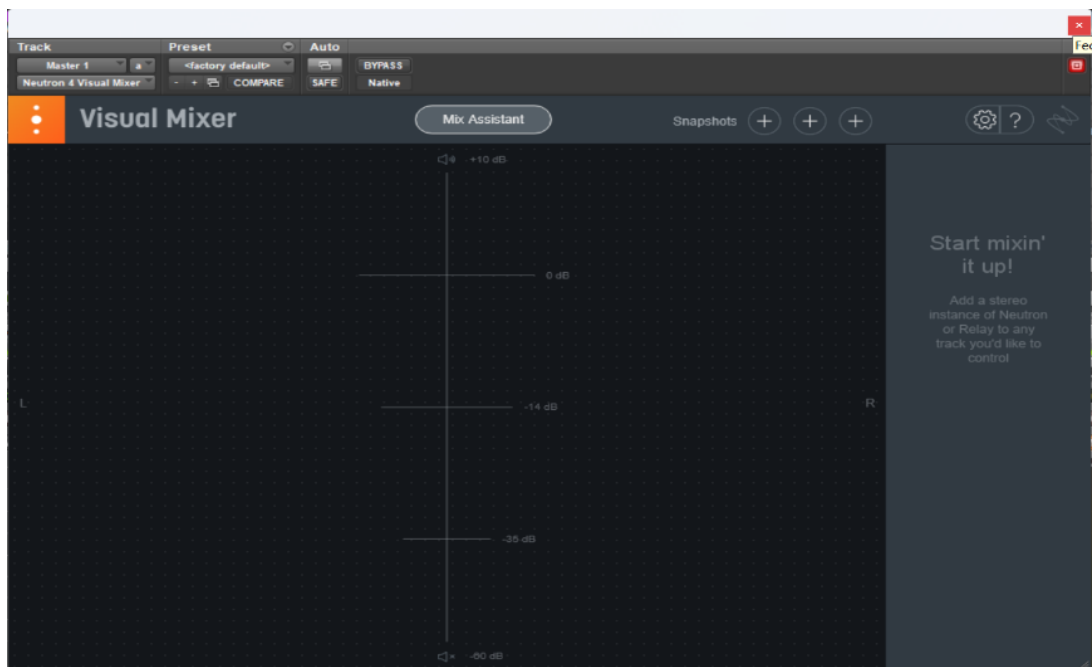
Fonte: elaboração própria (2025).

## 3.2 PROCEDIMENTO DA MIXAGEM COM O USO DO NEUTRON E NECTAR DA IZOTOPE

### 3.2.1 Mixagem de panorâmica e volume com o Mix Assistant e Relay

A segunda etapa do projeto consistiu em usar técnicas de mixagem assistida<sup>9</sup>. Entre os recursos de inteligência artificial aplicados à mixagem musical, destaca-se a integração entre os plug-ins *Mix Assistant* e *Relay*, ambos desenvolvidos pela empresa Izotope. Esses plug-ins atuam de forma interligada, permitindo que o sistema de IA analise as relações de volume entre diferentes faixas de uma sessão de mixagem e proponha uma automação inicial de níveis, a partir de critérios de equilíbrio e inteligibilidade sonora.

Figura 25 –Mix Assistant, Izotope (Música Loucamente)

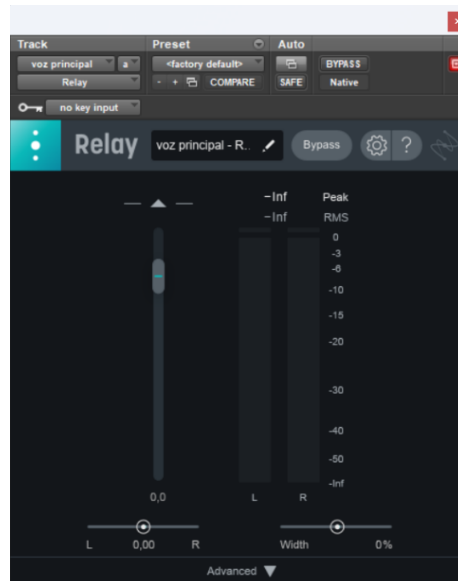


Fonte: elaboração própria (2025).

<sup>9</sup>Mixagem assistida se encontra disponível em:

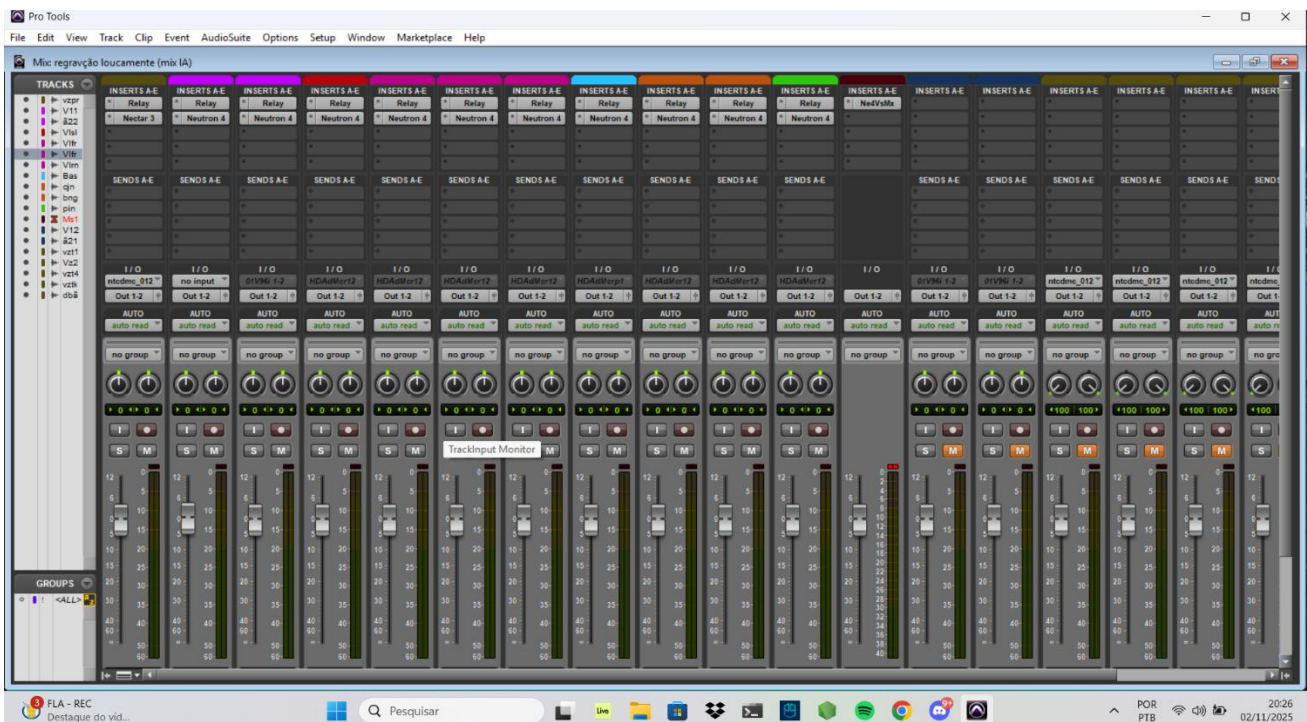
<https://drive.google.com/file/d/13mAu3t5DnVz10TUWkKjhx8A1bJAxKLVF/view?usp=sharing>. Acesso em: 29, nov., 2025.

Figura 26 –Relay, Izotope (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 27 –Mix window com o Mix Assistant e Relay (Música Loucamente)



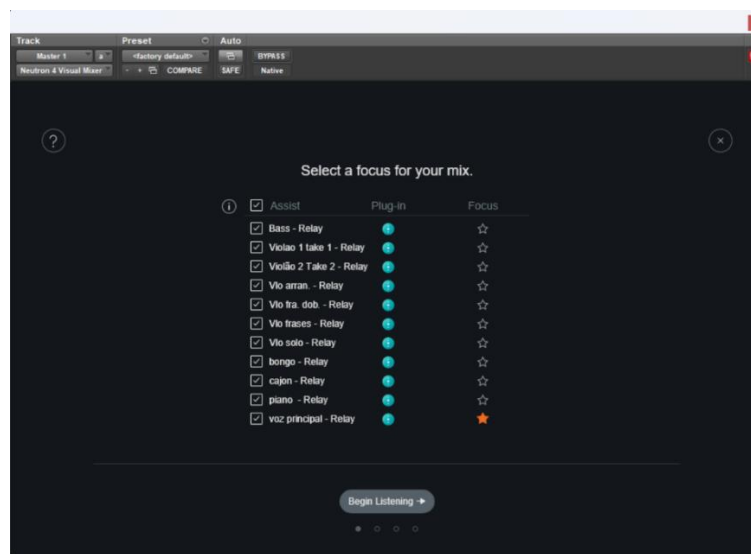
Fonte: elaboração própria (2025). Observação: as faixas mutadas não fazem parte da obra.

O relay é um plugin auxiliar, inserido em cada canal individual da sessão (instrumentos e vozes). Sua principal função é servir como uma ponte de comunicação entre as trilhas e o canal master, onde se encontra o Mix Assistant. Uma vez que o Relay é adicionado a cada faixa, o Mix Assistant passa a reconhecer automaticamente todos os canais presentes no projeto, exibindo-os

em sua interface de controle. Dessa forma, o sistema cria um ambiente de análise global, no qual é possível compreender a dinâmica relativa de cada elemento do arranjo.

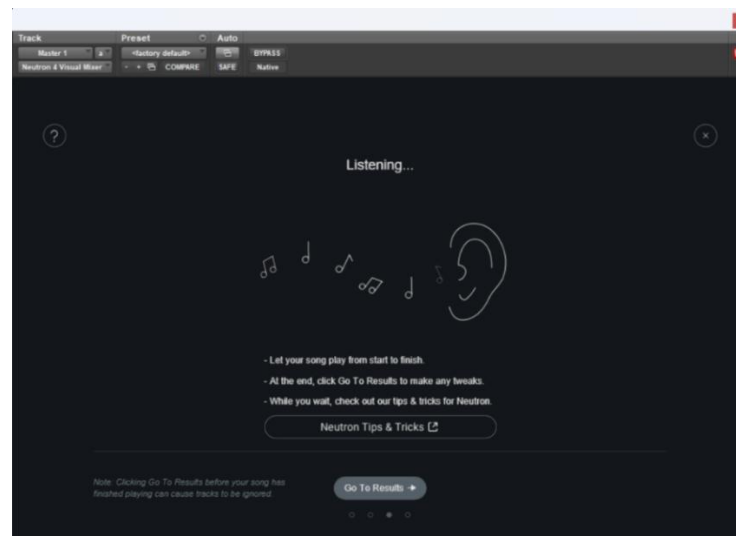
Após o reconhecimento das faixas, o Mix Assistant solicita que o usuário selecione uma trilha de foco (focus track), ou seja, o elemento principal da mixagem (geralmente o vocal ou outro instrumento de destaque). Em seguida, o plug-in orienta o produtor a reproduzir a música integralmente, do início ao fim, a fim de captar as variações de volume e densidade sonora ao longo da execução. Durante essa etapa, a IA realiza uma leitura detalhada dos níveis de cada canal, processando os dados obtidos para gerar uma automação de ganho inicial.

Figura 28 –Tracks e focus track, Mix Assistant (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 29–Audição da IA, Mix Assistant (Música Loucamente)

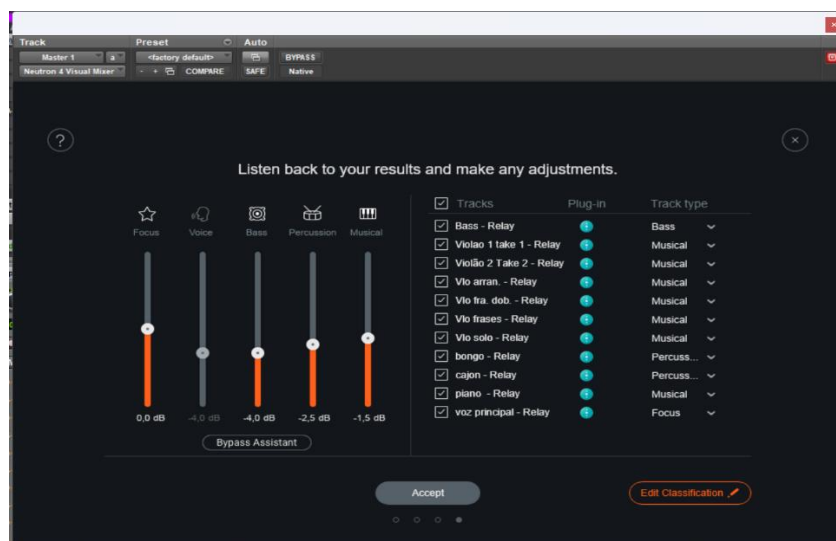


Fonte: elaboração própria (2025).

O resultado desse processo é uma proposta de balanceamento preliminar, em que as relações de volume entre as faixas são ajustadas automaticamente de acordo com o foco definido e com parâmetros de referência interna do sistema. Cabe ao engenheiro de mixagem ou produtor, então, revisar e refinar essas configurações, aplicando ajustes manuais de acordo com critérios estéticos, técnicos e subjetivos.

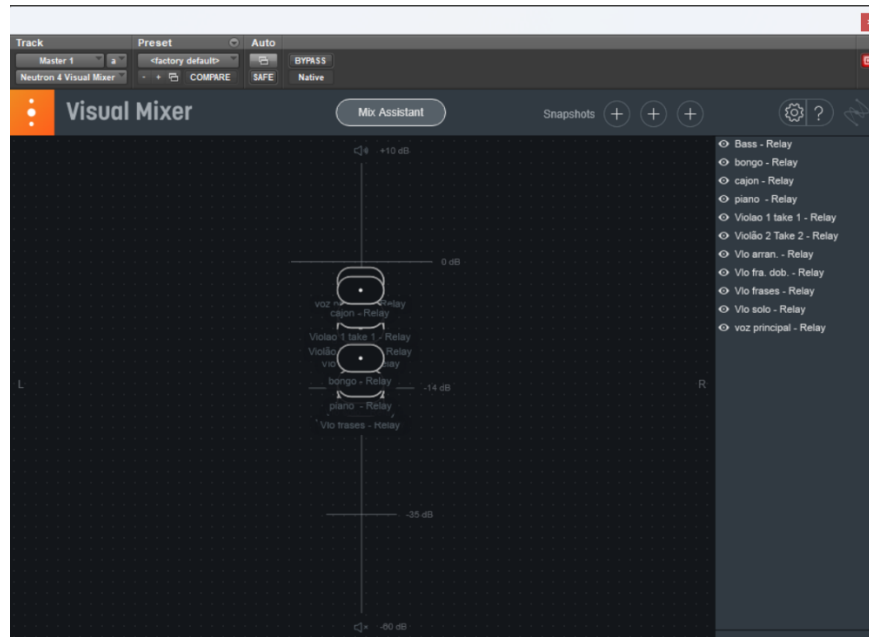
Apesar da eficiência do sistema, é comum que a inteligência artificial interprete incorretamente determinados instrumentos, classificando-os em categorias equivocadas ou atribuindo-lhes funções sonoras distintas da intenção do arranjo. Nesses casos, o usuário deve intervir manualmente, corrigindo as leituras incorretas e redefinindo a função de cada faixa dentro da análise. Além disso, embora o Mix Assistant não autorize a distribuição panorâmica (*panning*) das trilhas no campo estéreo, o plug-in permite que esses ajustes sejam realizados diretamente em sua própria interface, oferecendo ao produtor a possibilidade de controlar o posicionamento espacial dos instrumentos sem a necessidade de recorrer à estação de trabalho de áudio digital (DAW).

Figura 30 –Edit results, Mix Assistant (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 31 –Resultado da automação dos volumes (Música Loucamente)



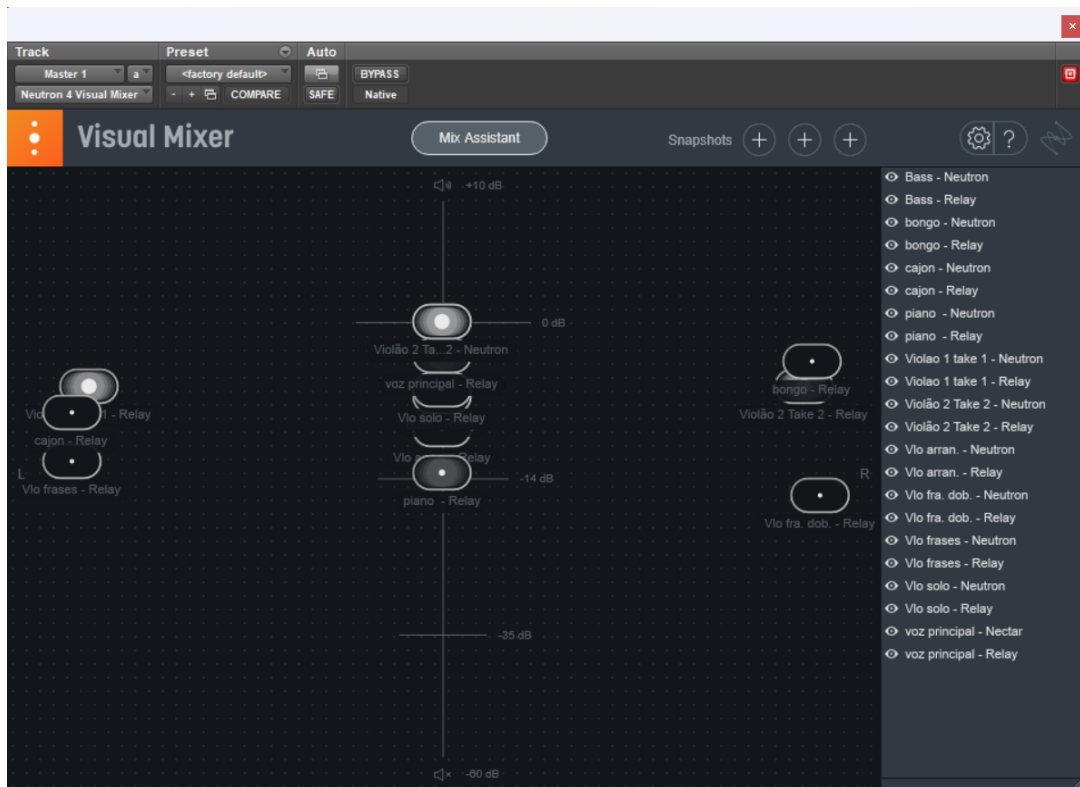
Fonte: elaboração própria (2025).

Esse plug-in permite visualizar e ajustar graficamente a posição do estéreo e o nível de volume de cada trilha, oferecendo uma representação espacial intuitiva da mixagem. A partir desse ambiente visual, foram realizadas intervenções pontuais com o objetivo de aprimorar a sensação de profundidade e amplitude estéreo, além de evitar o mascaramento entre instrumentos.

A voz principal foi mantida centralizada e em destaque, com nível médio aproximado de  $-10$  dB, estabelecendo-se como o elemento focal da produção. O piano, igualmente centralizado, permaneceu em torno de  $-14$  dB, atuando como suporte harmônico sem competir com o vocal. De modo semelhante, o violão solo foi mantido próximo ao eixo central, em um nível ligeiramente inferior, garantindo presença e clareza sem sobrepor os elementos de primeiro plano.

Os instrumentos de base rítmica e harmônica foram distribuídos de forma a criar uma sensação equilibrada de largura estéreo. No lado esquerdo, posicionaram-se o cajon, o violão base L e o violão de frases, todos com volumes moderados, contribuindo para o preenchimento e a sustentação da mixagem sem sobrecarregar o campo central. Já no lado direito, foram alocados o bongo, a dobra do violão de arranjo e o violão base R, em volumes proporcionais, atuando como elementos de resposta e equilíbrio espacial. Essa configuração estabeleceu um diálogo estéreo coerente entre as extremidades, ampliando a percepção de tridimensionalidade e evitando o mascaramento entre instrumentos que ocupam faixas semelhantes do espectro.

Figura 32 –Correções de volumes e panorama (Música Loucamente)



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.2 Mixagem dos instrumentos com Neutron e Néctar

Antes de apresentar os procedimentos adotados na mixagem, torna-se necessário contextualizar brevemente os princípios parâmetros utilizados nos plug-ins empregados especialmente no Izotope Neutron. A compreensão geral do funcionamento de módulos como *Tone Match*, *Punch*, *Distort* e *Width* é fundamental para que, posteriormente, a descrição das escolhas realizadas no processo de mixagem seja clara e tecnicamente fundamentada. Assim, inicia-se esta seção com uma caracterização objetiva desses recursos, para então, em seguida, detalhar como cada um deles foi aplicado na construção da sonoridade final da obra.

Os módulos do Izotope Neutron desempenham funções essenciais no processamento de sinais durante a mixagem. O *Tone Match* utiliza um perfil tonal de referência para aplicar correções automáticas de equalização, aproximando o timbre do áudio analisado de um alvo pré-definido. O módulo *Punch* atua de forma híbrida entre modelagem de transientes e compressão, permitindo controlar a intensidade do ataque e a sustentação do instrumento, influenciando sua articulação e presença na mixagem. O *Distort* adiciona saturação harmônica por meio de diferentes modelos de caráter analógico, como fita, válvula e circuitos retro, enriquecendo o espectro e modificando a percepção de calor e densidade. Por fim, o módulo *Width* altera a imagem estéreo do sinal,

expandindo ou reduzindo sua amplitude lateral para ajustar sua espacialidade e posicionamento no campo estéreo.

### 3.2.3 Mixagem dos violões base L e R

Nos violões esquerdo (L) e direito (R), a abordagem adotada seguiu a mesma lógica geral: utilizar o Neutron como ponto de partida, não como solução definitiva, ajustando cada módulo conforme a percepção auditiva e as necessidades musicais de cada tomada. Embora ambos tenham recebido a mesma cadeia de módulos (*Tone Match*, *Punch*, *Distort e Width*), os parâmetros não são idênticos, pois cada take apresentou particularidades timbrísticas que exigiram compensações próprias.

No *Tone Match*, por exemplo, a curva sugerida pela IA serviu apenas como referência inicial. No canal Violão L, a resposta gerada enfatizou mais os médios ascendentes, o que resultou em um timbre levemente mais brilhante; por isso, foi mantido a curva geral, mas com maior suavização nas regiões de *low-mid*. Já no Violão R, a curva sugerida tinha uma característica mais plana, com um leve *bump* nas regiões de *high-mid*; nesse caso, foi utilizado um mix aproximado de 70%, equilibrando a sugestão da IA com o caráter natural da gravação. O módulo *Punch* também recebeu ajustes distintos entre os canais. Apesar do desenho visual ser semelhante nos dois violões, as intensidades de *attack* e *sustain* foram reguladas de forma auditiva para que o par estéreo mantivesse coerência dinâmica sem gerar sensação artificial de compressão dupla. O Violão L recebeu um *Punch* ligeiramente mais contido, enquanto o Violão R teve um pouco mais de ênfase no *attack* para recortar melhor no panorama. O módulo *Distort* foi outro ponto em que houve diferenças claras. No Violão L, o ajuste ficou mais próximo de uma saturação sutil e centrada, algo entre *warm* e *tape* leve, apenas para adicionar presença sem coloração perceptível. Já no Violão R, a configuração está visivelmente deslocada para uma região mais “*tape-like*”, trazendo um pouco mais de textura e arredondamento nas altas. Esses ajustes foram feitos com extremo cuidado, sempre em valores baixos, priorizando a naturalidade. Por fim, no módulo *Width*, foi mantido ambos os violões dentro de um espalhamento moderado, sem exageros, trabalhando mais como “cola estéreo” do que como efeito perceptível. Ainda assim, o Violão R recebeu um pouco mais de abertura para compensar seu posicionamento natural na captação e garantir equilíbrio com o canal L. Conforme a figura 33 e 34.

Figura 33 – Mix Neutron violão base L



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 34 – Mix Neutron violão base R



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.4 Mixagem dos arranjos de violão

Nos violões de apoio do arranjo, o violão da segunda estrofe, o solo de entrada do refrão (L) e sua dobra (R), o Neutron foi utilizado como referência inicial, mas cada trilha recebeu ajustes próprios conforme sua função na mixagem. No violão da segunda estrofe, o *Tone Match* foi aplicado com intensidade moderada, realçando principalmente a região de médios-altos para trazer definição ao acompanhamento. O módulo *Punch* aparece configurado de forma equilibrada, com leve reforço no ataque, enquanto o *Distort* foi mantido em um nível discreto, apenas para adicionar calor sem alterar o caráter natural do instrumento. No solo de refrão L, o *Tone Match* apresenta uma curva mais aberta e incisiva, destacando a faixa de brilho para que a linha melódica se sobressaia no arranjo. O *Punch* atua com ataque um pouco mais acentuado, contribuindo para maior presença e articulação. O *Distort*, nesse caso, permanece sutil, mas um pouco mais evidente

que no violão de estrofe, favorecendo uma textura levemente mais expressiva. Já na dobra do solo (R), nota-se a aplicação mais intensa entre as três trilhas: o *Tone Match* conta com maior participação na correção tonal, reforçando o papel de sustentação do timbre. O *Punch* apresenta sustentação ligeiramente ampliada para manter a dobra estável no mix, enquanto o *Distort* está configurado de modo a proporcionar uma saturação um pouco mais cheia, ajudando a engrossar a linha principal e criar maior impacto no refrão. O módulo *Width* também varia entre as trilhas, com abertura mais contida na estrofe, moderada no solo L e um pouco mais ampla na dobra R, reforçando o posicionamento estéreo e evitando sobreposição entre os elementos. Conforme a figura 35, 36 e 37.

Figura 35 - Mix Neutron violão arranjo segunda estrofe



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 36 - Mix Neutron violão arranjo solo entrada refrão L



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 37 - Mix Neutron violão arranjo solo entrada refrão R



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.5 Mixagem do solo de violão principal

No processamento do solo de violão, o Izotope Neutron foi configurado de forma a enfatizar presença e caráter expressivo do instrumento. O módulo *Tone Match* foi aplicado com intensidade elevada (aprox. 80%), aproximando o timbre de uma referência mais agressiva, com

reforço perceptível nas regiões médios e médios-altos. Em complemento, o módulo *Punch* foi ajustado para realçar o ataque e sustentar as notas, garantindo maior definição rítmica na execução. O *Distort* foi utilizado com uma combinação de saturação do tipo *Retro* com inclinação para o timbre *Tube*, adicionando harmônicos e leve granulação do som, resultando em um solo encorpado e com maior energia. Por fim, o módulo *Width* ampliou moderadamente a imagem estéreo, conferindo ao instrumento uma abertura mais atenuada na panorâmica. Esses ajustes, aplicados de forma sensível à audição, contribuíram para que o solo se destacasse na mix sem perder sua identidade acústica. Conforme a figura 38.

Figura 38 - Mix Neutron violão solo principal



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.6 Mixagem do piano

No piano, o Neutron foi utilizado principalmente para ajustar o caráter tonal e ampliar a sensação espacial do instrumento. O *Tone Match* foi aplicado com intensidade moderadamente alta (cerca de 75%), buscando aproximar o timbre de uma referência de piano acústico mais equilibrada. A curva resultante reforça levemente a região de médios-baixos, trazendo mais corpo e calor, enquanto suaviza parte do brilho e da percussão típica dos martelos, o que ajuda o instrumento a soar mais aveludado dentro da mix. No módulo *Punch*, o foco ficou na definição do ataque, realçando a articulação inicial das notas sem exagerar na sustentação, o que contribui para um piano mais nítido no acompanhamento rítmico. O módulo *Distort* foi acionado de forma sutil, apenas para acrescentar um pouco de saturação leve e harmônicos adicionais, enriquecendo o timbre sem descaracterizar o instrumento. Já o *Width* foi ajustado de maneira discreta, promovendo

apenas uma leve abertura estéreo sem afastar o piano do eixo central. Dessa forma, o instrumento preserva sua posição predominantemente central na mixagem, ao mesmo tempo em que ganha uma pequena sensação de espaço e profundidade, evitando soar estreito ou “mono demais”. O resultado é um instrumento mais quente, definido e envolvente, ajustado com base na sua audição e no papel que o piano desempenha na faixa. Conforme a figura 39.

Figura 39 - Mix Neutron piano



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.7 Mixagem do baixo

Na pista de baixo, o iZotope Neutron foi configurado com o *Tone Match* definido em “Bass” e intensidade aproximada de 40%, o que aplica uma leve correspondência tonal baseada nesse perfil sem alterar de forma significativa o caráter original do instrumento. O módulo *Punch* foi ajustado para realçar o ataque e adicionar um incremento moderado na sustentação, contribuindo para maior definição rítmica e preenchimento entre as notas. O *Distort*, operando no modo *Tube* com o controle de *Tone* levemente direcionado à região de brilho, acrescentou harmônicos que favorecem a presença do baixo em diferentes sistemas de reprodução. Por fim, o *Width* permaneceu praticamente no mínimo, mantendo o instrumento centrado e preservando a solidez típica das frequências graves na mixagem. Em conjunto, esses ajustes resultaram em um baixo mais definido, encorpado e bem integrado ao arranjo. Conforme a figura 40.

Figura 40 - Mix Neutron baixo



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.8 Mixagem da percussão

Na pista de bongo, o Izotope Neutron foi utilizado com o *Tone Match* configurado no perfil “Vocals”, com intensidade em torno de 80%, o que aplica uma correspondência tonal mais forte e molda o instrumento de forma bastante perceptível. A curva visível apresenta reforços tanto nas regiões de graves e médios-graves, adicionando corpo e preenchimento, quanto nos médios-agudos e agudos, que realçam o ataque natural do toque na pele e ajudam o instrumento a se destacar na mixagem. No módulo *Punch*, o ajuste favorece principalmente o ataque, com um leve incremento de sustain, reforçando o impacto inicial sem alterar demais a ressonância característica do bongo. O *Distort* está ativado em um nível baixo, adicionando apenas uma leve saturação que traz presença e riqueza harmônica sem alterar o caráter natural do instrumento. Já o *Width* foi ampliado, posicionando o bongo de forma moderadamente aberta no panorama estéreo e fazendo com que ocupe um espaço mais largo, porém com uma certa moderação. No conjunto, esses ajustes resultam em um bongo mais presente, brilhante e espacial, com maior definição e destaque no arranjo. Conforme a figura 41.

Na pista do cajon, o Neutron foi configurado com o *Tone Match* no target “Drums”, com intensidade aproximada de 60%, aplicando uma adequação tonal moderada que reforça as características naturais do instrumento, A curva resultante apresenta acentuação nas regiões de graves e médio-graves, valorizando o papel do cajon como base rítmica, especialmente nas batidas mais graves que funcionam como “bumbo”. Também há elevação nos médio-agudos e agudos, destacando os golpes na borda que produzem o timbre mais seco e brilhante associado à função de “caixa”. O módulo *Punch* concentra-se no sustain, com aumento significativo nessa região e um

reforço mais sutil no ataque, o que proporciona batidas mais encorpadas e com maior duração, preenchendo melhor os espaços entre os golpes. O módulo *Distort* está ativado, aplicando leve saturação que acrescenta harmônicos sutis ao som do cajon, contribuindo para maior presença sem comprometer a naturalidade do instrumento. Por fim, o *Width* permanece apenas moderadamente aberto, de forma semelhante ao bongo. Essa configuração mantém o cajon ligeiramente expandido no campo estéreo, mas ainda com predominância no eixo mono, garantindo estabilidade rítmica e preservando sua função central no arranjo. Em conjunto, esses ajustes resultam em um cajon equilibrado, com graves sólidos, ataques claros e presença bem controlada no centro da mixagem. Conforme a figura 42.

Figura 41 - Mix Neutron bongo



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 42 - Mix Neutron cajon



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.9 Mixagem da voz

No que diz respeito ao processamento vocal, observa-se que o plugin mais adequado para essa finalidade é o Izotope Nectar, uma vez que foi desenvolvido especificamente para o tratamento de voz., oferecendo módulos integrados de equalização, compressão, *de-essing*, correção de *pitch* e aprimoramento de presença. Diferentemente do Neutron, que possui abordagem mais ampla e voltada à mixagem de instrumentos em geral, o Nectar concentra seus algoritmos e fluxos de trabalho nas particularidades do timbre humano, possibilitando intervenções mais precisas e esteticamente coerentes. Dessa forma, sua atualização no presente estudo justifica-se pelo alinhamento direto entre as demandas do material vocal e as ferramentas especializadas fornecidas pelo plugin.

Além de sua especialização no tratamento vocal, o Izotope Nectar destaca-se pelo caráter modular e pela integração de algoritmos otimizados especificamente para manipulação de voz em contextos de produção musical contemporânea. O plugin reúne, em uma única interface, ferramentas que normalmente exigiriam a combinação de vários processadores externos, como módulos de correção tonal, controle dinâmico multibanda, saturação harmônica e aprimoramento espectral. Essa abordagem centralizada permite um fluxo de trabalho mais eficiente e direcionado, reduzindo etapas e assegurando coerência entre os diferentes estágios do processamento. Ademais, o Nectar incorpora recursos de análise inteligente, capazes de identificar características tímbricas e sugerir configurações iniciais adequadas ao tipo de performance capturada, sem, contudo, substituir o controle técnico e estético exercido pelo engenheiro de mixagem. Tais atributos reforçam a pertinência de sua aplicação no presente estudo, uma vez que possibilitam um tratamento vocal detalhado, consistente e alinhado às exigências estéticas da produção em questão.

### 3.2.10 Pitch da voz no Nectar

No primeiro estágio de processamento, foi empregado o módulo de *Pitch* do Nectar para realizar a correção de afinação da voz principal. O registro vocal foi configurado como *Mid*, adequado ao alcance médio do intérprete, enquanto a escala foi definida manualmente em Mi Maior (E Major), garantindo que o algoritmo atuasse de forma coerente com a tonalidade da obra. O parâmetro *Strength* foi ajustado para um valor elevado, aplicando correção mais firme e perceptível, capaz de estabilizar as alturas ao longo da execução. Além disso, o controle *Speed* foi configurado para a resposta rápida, permitindo que a correção seja aplicada quase imediatamente após qualquer desvio, produzindo um resultado mais próximo do efeito característico de *hard*

*tuning*<sup>10</sup>. Essa configuração assegurou maior precisão melódica e contribuiu para a identidade estética pretendida para a voz principal. Conforme a figura 43.

Figura 43 – Mix Pitch voz Nectar



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.11 Gate da voz no Nectar

No segundo estágio de processamento, foi empregado o módulo *Gate* do Nectar com o objetivo de controlar o ruído de fundo e os vazamentos presentes nos trechos de baixa intensidade vocal. O parâmetro *Ratio* foi configurado para estabelecer a intensidade da redução de ganho aplicada quando o sinal fica abaixo do limite definido, determinando o grau de fechamento da porta de ruído. O *Attack* foi ajustado para assegurar que o *Gate* se abra de forma rápida e transparente sempre que a voz ultrapassa o limiar, enquanto o *Release* foi configurado para permitir um fechamento gradual após a queda do sinal, evitando cortes abruptos e preservando a naturalidade das transições entre frases. As linhas de *Open* e *Close*, equivalentes aos limiares de atuação, foram posicionadas aproximadamente entre -41,4 dB e -51,3 dB, delimitando o nível mínimo necessário para que o *Gate* permita a passagem do sinal útil. Com essa combinação de ajustes, o processamento atuou de maneira eficiente na redução de ruídos indesejados sem comprometer a inteligibilidade, o corpo ou a articulação da voz principal. Conforme a figura 44.

<sup>10</sup> É o nome usado, na produção musical, para descrever aquele efeito de afinação extremamente rápida e rígida, em que o corretor de pitch puxa imediatamente a voz para a nota certa, sem permitir transições suaves.

Figura 44 – Mix Gate voz Nectar



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.12 Primeira equalização da voz no Nectar

No terceiro estágio de processamento, foi utilizado o primeiro módulo de equalização do Nectar, cuja função principal foi realizar cortes corretivos com o objetivo de limpar o sinal vocal antes das etapas subsequentes. O Ponto 1 foi configurado como um filtro *high-pass*, situado aproximadamente entre 80 e 100 Hz, removendo ruídos de subgraves, vibrações mecânicas e eventuais plosivas captadas pelo microfone. Em seguida, no ponto 2, aplicou-se uma redução moderada na faixa de 200 e 300 Hz, região comumente associada ao acúmulo de “*mud*”<sup>11</sup>, cuja atenuação contribui para maior definição e clareza do corpo vocal. O ponto 3 foi ajustado para atenuar frequências entre 500 e 800 Hz, faixa em que ressonâncias indesejadas tendem a provocar sensação de congestão ou abafamento. Já no ponto 4, foi realizada uma redução suave em torno de 1 a 2 kHz, controlando características de aspereza que poderiam comprometer a inteligibilidade em passagens mais intensas. Por fim, o ponto 5 foi configurado como um filtro *low-pass* leve, iniciando o declínio por volta de 3 a 4 kHz, com o objetivo de suavizar a presença excessiva de harmônicos agudos antes do processamento dinamicamente sensível, como o *de-esser* e a equalização tonal subsequente. Dessa forma, o Eq. 1 cumpriu a função de realizar ajustes corretivos essenciais, preparando o material vocal para um tratamento mais refinado nos módulos posteriores. Conforme a figura 45.

<sup>11</sup> Mud ou mudiness é um termo técnico usado em mixagem para descrever uma sensação de som “embarrado”, turvo, abafado ou pouco definido.

Figura 45 – Mix Equalizador 1 voz Nectar

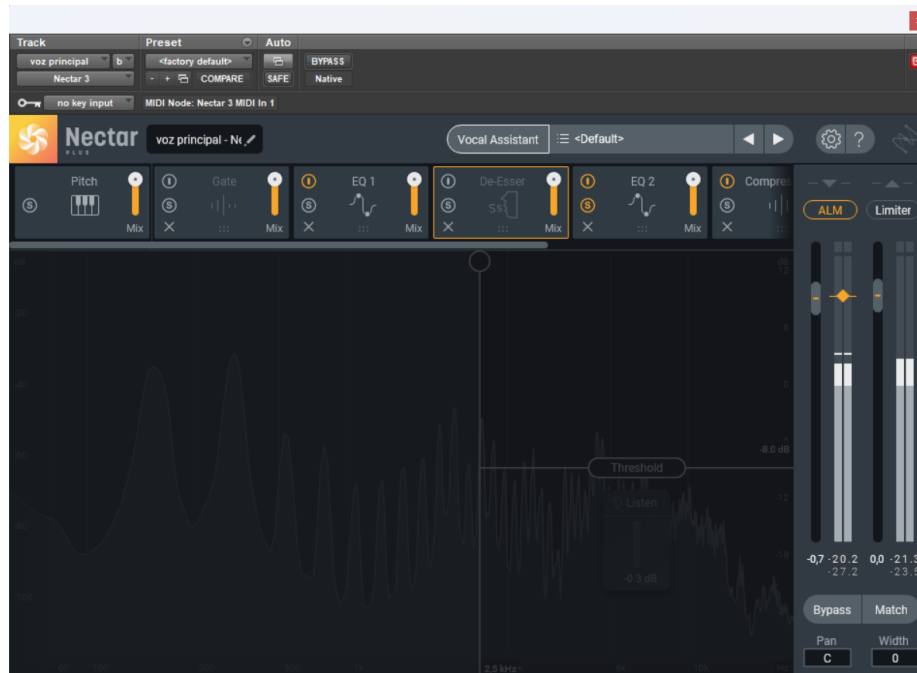


Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.13 De-esser da voz no Nectar

No quarto estágio de processamento, empregou-se o módulo *de-esser* do Nectar com a finalidade de controlar a ocorrência de sibilâncias excessivas, especialmente associadas aos fonemas “S” e “F”. O processamento foi direcionado a uma faixa de altas frequências situadas aproximadamente entre 2,5 kHz e 10 kHz, região em que a energia das sibilantes tende a se concentrar com maior intensidade. O parâmetro *Threshold* foi ajustado em torno de  $-8,0$  dB, permitindo que o *de-esser* seja acionado apenas quando os picos sibilantes ultrapassam esse nível, preservando a naturalidade da articulação nos trechos que não requerem intervenção. A medição de *Gain reduction* indicou valores de atenuação entre  $-0,3$  dB e  $-1,2$  dB, representando uma redução leve e controlada, suficiente para suavizar as sibilâncias mais evidentes sem comprometer o brilho geral da voz. Embora a função *Listen* não estivesse ativada no momento da análise, o módulo dispõe dessa ferramenta para isolar a faixa processada, o que auxilia no ajuste preciso do tratamento. Assim, o *de-esser* atuou de forma transparente, garantindo maior conforto auditivo e evitando que articulações excessivamente brilhantes se destacassem de maneira indesejada na mixagem, conforme na figura 46.

Figura 46 – Mix De-esser voz Nectar



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.14 Segunda equalização da voz no Nectar

No quinto estágio de processamento, foi utilizado o segundo módulo de equalização, cuja função principal foi realizar ajustes tonais destinados a realçar a presença e o brilho da voz após a etapa corretiva inicial. Os pontos 1 e 2 foram configurados como extensão do filtro *high-pass* empregados no Eq. 1, garantindo continuidade no controle de subgraves e prevenindo o acúmulo de energia indesejada nessa região. Os pontos 3 e 5 mantiveram cortes residuais em áreas de baixas e médias frequências, reforçando a limpeza espectral iniciada anteriormente. O principal realce tonal ocorre no ponto 6, onde um aumento na faixa de 2 a 3 kHz foi aplicado para reforçar a sensação de presença e inteligibilidade, permitindo que a voz se projete com maior clareza no arranjo. Em seguida, o ponto 7 recebeu um ganho significativo em torno de 5,8 kHz, com aproximadamente +3,4 dB e um Q moderadamente largo, adicionando brilho, definição e maior sensação de “ar” perceptual ao timbre. Por fim, o ponto 11 foi configurado como um *high-shelf* suave acima de 10 kHz, ampliando ainda mais a extensão de altas frequências e contribuindo para uma textura mais aberta e sofisticada da camada vocal. Dessa forma, o Eq. 2 atuou como um reforço tonal complementar, consolidando a assinatura estética da voz e assegurando seu destaque equilibrado no contexto da mixagem, conforme a imagem 47.

Figura 47 – Mix equalizador 2 voz Nectar



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.15 Compressão da voz no Nectar

No sexto estágio de processamento, o compressor foi empregado com a finalidade de estabilizar a dinâmica da performance vocal, garantindo maior consistência entre sílabas fortes e fracas. O módulo foi configurado no modo *solid-state*, caracterizado por oferecer resposta rápida e sonoridade transparente, frequentemente associada a compressores encontrados em consoles clássicos de estúdio. A detecção de sinal foi ajustada para o modo RMS, o que permite que o compressor responda ao nível médio de energia do áudio, resultando em uma ação mais musical e menos sensível a transientes abruptas.

O *threshold* foi estabelecido em aproximadamente -30 dB, indicando que o compressor atua de forma recorrente ao longo da execução vocal. A escolha de um *ratio* mais elevado, resultando em uma compressão agressiva, evidencia a intenção estética de manter a voz firme e destacada, independentemente das variações de intensidade da performance. O tempo de *attack* foi ajustado para permitir a passagem parcial das transientes iniciais, preservando a articulação e o impacto da voz, enquanto o *release* foi definido de modo a evitar efeitos indesejados de bombeamento (*pumping*), mantendo fluidez entre as frases.

A seção de *make-up gain* apresentou um valor negativo (-14,2 dB), o que, embora pouco comum, indica que o módulo está reduzindo o nível de saída após a compressão, possivelmente para compensar o ganho acumulado nas etapas anteriores da cadeia de processamento. Em conjunto, o compressor exerceu papel fundamental na uniformização dinâmica da voz,

favorecendo maior inteligibilidade e estabilidade dentro do contexto da mixagem, conforme a imagem 48.

Figura 48 – Mix compressor voz Nectar



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.2.16 Reverb da voz no Nectar

O módulo de reverberação encontra-se ativo e é empregado com a finalidade de conferir profundidade, dimensão espacial e naturalidade à voz principal. Esse recurso contribui para que a voz principal não soe excessivamente seca ou isolada, posicionando-a de forma mais coesa dentro do conjunto musical.

O parâmetro *pre-delay* está configurado para um calor que introduz um atraso perceptível entre o som direto e o início da cauda de reverberação. Tal ajuste permite que a inteligibilidade da voz seja preservada, uma vez que as primeiras sílabas chegam ao ouvinte de forma clara antes da incidência das reflexões simuladas. O tempo de *decay* determina a duração da reverberação e, conseqüentemente, a percepção de tamanho e tipo de ambiente. O controle de *width* regula a largura estéreo da ambiência, ampliando ou reduzindo a sensação espacial da cauda de reverb. Além disso, o parâmetro *saturation* adiciona leve coloração harmônica ao efeito, contribuindo para um caráter mais quente e musical da ambiência.

A equalização aplicada ao reverb desempenha papel essencial na definição do seu comportamento dentro da mixagem. Observa-se a utilização de um filtro *high-pass* situado aproximadamente entre 300 e 400 Hz, o que elimina frequências baixas responsáveis por adicionar

peso excessivo ou comprometer a clareza do campo reverberante. Dessa forma, o efeito mantém-se presente sem comprometer a clareza da voz ou sobrecarregar a região grave. Da mesma forma, um filtro *low-pass* atua em torno de 4 a 5 kHz, suavizando a porção mais brilhante da cauda de reverberação. Esse procedimento reduz asperezas e impede que o reverb se destaque demasiadamente no plano frontal da mixagem, favorecendo um encaixe mais natural ao fundo sonoro, conforme práticas consolidadas na mixagem vocal contemporânea.

Assim, com a aplicação do reverb ao final da cadeia (precedido por cadeias de correção tonal, supressão de sibilância e controle dinâmico) a voz principal recebe um tratamento completo que contempla ambiência equilibrada e integração espacial coerente com o restante da produção, conforme a figura 49.

Figura 49 – Mix reverb voz Nectar



Fonte: elaboração própria (2025).

### 3.3 PROCEDIMENTO DA MIXAGEM COM O USO DO ROEX

Além das abordagens adotadas na mixagem manual e no uso dos plugins assistidos do Izotope Neutron e Nectar, também foi realizado um teste com o RoEx<sup>12</sup>, um sistema de automix

<sup>12</sup>Mixagem automática se encontra disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1pPEDx3bdfTNvyUgaIsQM1VHnBpVAMzml/view?usp=sharing>. Acesso em: 29, nov., 2025.

baseado integralmente em inteligência artificial. Diferentemente das ferramentas da Izotope, que operam em regime de automação assistida, o RoEx propõe um fluxo de trabalho totalmente automatizado, no qual o usuário não intervém nos parâmetros técnicos de equalização, compressão ou dinâmica.

O funcionamento do site é direto: basta importar os *stems* da produção para dentro da interface, e o sistema organiza automaticamente todas as trilhas. A classificação dos instrumentos, como voz, violão, baixo, percussão ou teclas é feita pelo próprio usuário, que seleciona manualmente a categoria correspondente para que a IA aplique o processamento adequado ao tipo de material. A partir dessa definição, o RoEx aplica correções, ajustes de ganho, tratamento de frequências e balanceamento geral. Esse processamento é realizado com base em modelos pré-treinados, porém direcionados conforme o estilo musical selecionado pelo usuário, o que orienta a IA sobre o caráter geral da mixagem e o tipo de resultado esperado.

Embora o processo seja essencialmente automático, o RoEx oferece ao usuário alguns controles básicos que permitem direcionar a estética geral da mix. Entre elas, destacam-se:

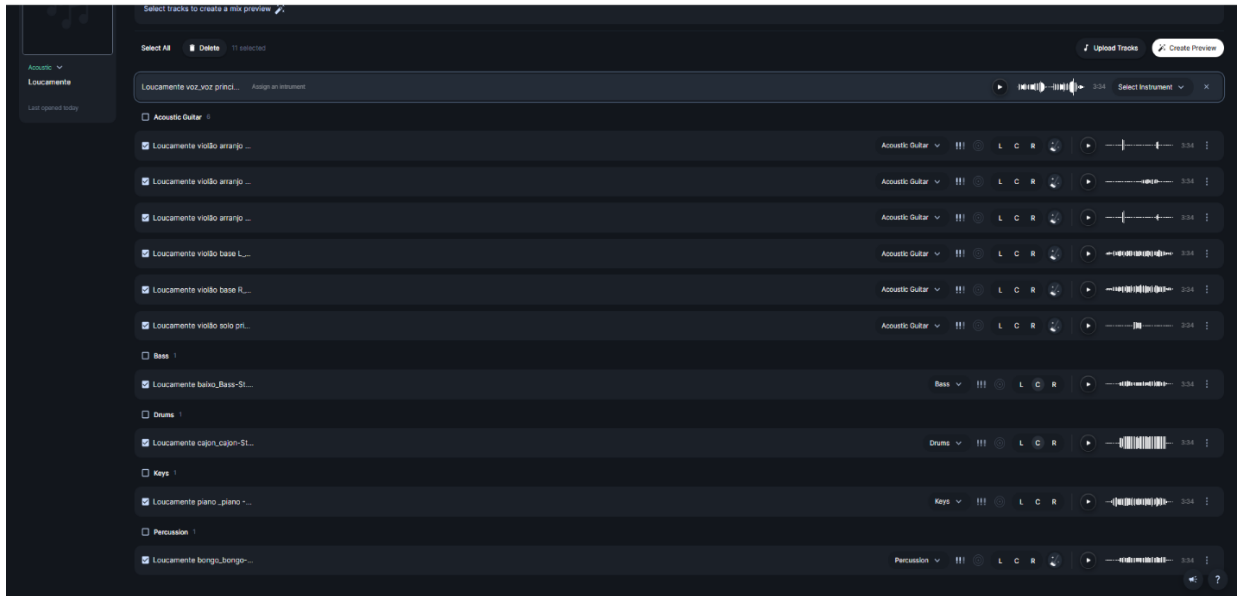
- **Panorama (pan):** O usuário pode escolher a posição estéreo de cada instrumento, definindo se ele será direcionado à esquerda, centro ou direita. Não há controle fino (Como valores exatos), pois o detalhamento continua sendo gerado pela IA.
- **Reverb (low, mid, high):** O site permite selecionar três intensidades gerais de reverberação. A profundidade, o tempo de decaimento e as características tonais não são configuráveis manualmente, o algoritmo ajusta esses parâmetros internamente conforme o material da trilha e o nível escolhido.
- **Limpeza de áudio (noise/cleaning):** O sistema possui um módulo de higienização sonora baseado em IA, que detecta e reduz automaticamente ruídos, vazamentos, artefatos indesejados e inconsistências do sinal.

Além desses ajustes globais, o RoEx permite ainda uma intervenção pontual no controle de automação de volumes, sendo esse o único parâmetro técnico no qual o usuário pode atuar manualmente. É possível ajustar curvas de volume ao longo da *timeline* de cada trilha, corrigindo picos, reforçando trechos específicos ou equilibrando partes da performance. Apesar de simples, esse recurso oferece um mínimo de controle expressivo ao usuário, que pode corrigir detalhes que o sistema automatizado não interpretou adequadamente.

Dessa forma, o RoEx se caracteriza como um site de mixagem totalmente automatizada, cujo objetivo é entregar um resultado “pronto para usar”, sem a necessidade de conhecimentos prévios em engenharia de áudio. Para fins comparativos no presente trabalho, ele representa o extremo oposto do espectro de controle: enquanto a mixagem manual exige decisões interpretativas a cada etapa, o RoEx concentra todas as escolhas técnicas e estética em sua

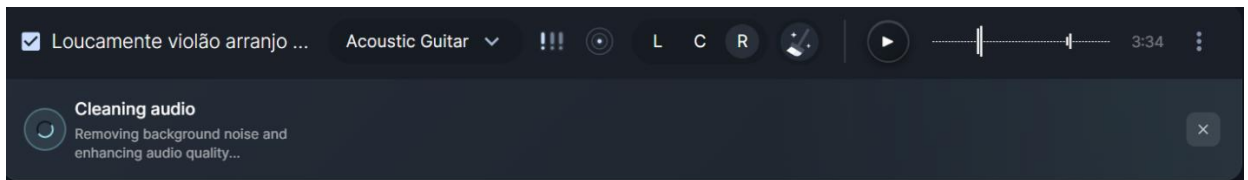
modelagem algorítmica, permitindo ao usuário apenas ajustes globais de caráter mais subjetivo ou direcional.

Figura 50 – Interface automix RoEx



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 50 – Interface automix RoEx cleaning audio



Fonte: elaboração própria (2025).

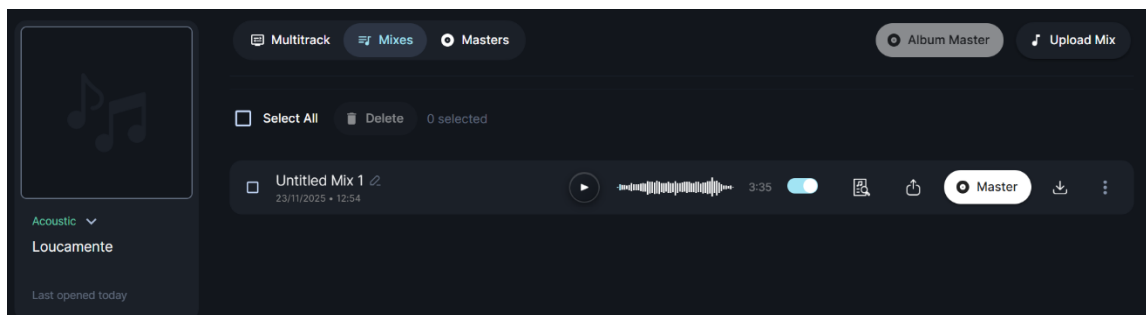
Figura 51 – Interface automix RoEx controle de volume



Fonte: elaboração própria (2025).

Antes da renderização definitiva, o RoEx disponibiliza ao usuário uma prévia da mixagem, que funciona como uma etapa de validação estética do resultado proposto pela IA. Nessa fase, o sistema já aplica todo o seu processamento automatizado, mas ainda não finaliza a mix, o objetivo é permitir que o usuário avalie se a direção tomada pela automix corresponde ao caráter desejado para a obra. A aceitação da prévia, portanto, representa um momento de fluxo em que o usuário exerce uma decisão direta sobre o produto, determinando se o resultado inicial é satisfatório ou se é necessário refazer o processamento com outros parâmetros globais. No caso analisado, a prévia foi aceita sem modificações adicionais, indicando que o comportamento do algoritmo atendeu à proposta estética pretendida para a música, o que possibilitou a continuidade imediata para a geração da versão final.

Figura 52 – Interface automix RoEx mix pronta



Fonte: elaboração própria (2025).

O *Mix report* gerado pelo RoEx permite observar com clareza o modo como o algoritmo interpreta o material sonoro e toma decisões técnicas para construir o equilíbrio geral pela produção. De maneira sistemática, o site aplica a cada trilha um conjunto padronizado de operações, ajustes de panorâmica, definição de níveis de ganho, equalização multibanda, processamento dinâmico por compressão e quantidade de reverberação, buscando distribuir adequadamente cada elemento no espaço estéreo e no espectro de frequências. Como regra geral, todo instrumento que não pertence ao grupo de bateria, baixo ou percussão recebe um filtro de *Low cut* para remover energia desnecessária nas baixas frequências, evitando sobreposição tonal e melhorando a clareza.

A voz é tratada como o ponto focal da mix. O algoritmo a posiciona no centro do campo estéreo, aplica um *early reverb* leve para acrescentar profundidade sem comprometer a inteligibilidade e realiza uma escultura precisa do espectro: atenua frequências baixas indesejadas, limpa regiões de médio-baixo e realça sutis porções de agudos para aumentar a presença. A compressão é configurada com razão moderada e limiar baixo, com tempos de ataque e liberação cuidadosamente calculados, garantindo que a vocalização permaneça consistente ao longo da

música. Ajustes de *pre-gain* e *post-gain* completam o gerenciamento do nível, indicando que o sistema busca manter a voz sempre em evidência.

Nos elementos rítmicos, como o cajon e outras percussões, o RoEx demonstra uma interpretação voltada a captura da energia transitória desses instrumentos. O cajon, por exemplo, é levemente posicionado para um dos lados e não recebe reverberação, preservando seu caráter seco e percussivo. A equalização reduz ressonâncias indesejadas na região médio-grave e realça regiões mais claras, enquanto a compressão de ataque muito rápido e liberação curta reflete a tentativa da IA de controlar picos sem suprimir o impacto dos transientes. O mesmo ocorre com bongôs, que recebem ajustes de equalização para realce de médios e cortes em excessos de grave, além de compressão com ataque e liberação calculados para manter naturalidade.

As trilhas de violão, que aparecem em diferentes funções dentro do arranjo, demonstram a capacidade do sistema de diferenciar papéis musicais. Violões com função de base rítmica costumam ser posicionados lateralmente e recebem cortes mais acentuados e graves, equalização corretiva na faixa média e compressão de caráter mais suave, permitindo que os transientes permaneçam presentes. Violões com função de textura ou apoio harmônico passam por compressões mais firmes e curvas de equalização mais pronunciadas, o que mostra a tentativa do algoritmo de criar contraste entre camadas similares. Quando o instrumento cumpre papel de “*lead*”, o sistema o mantém no centro, com equalização que realça presença e cortes que evitam conflitos com a voz.

O baixo, como esperado, é mantido no centro e não recebe *low cut*, preservando integralmente o conteúdo de baixa frequência. A equalização atua na definição do peso do instrumento, controlando subgraves e médio-graves para evitar conflitos de registro. A compressão é suave, com ataque e liberação bem calculados, demonstrando a busca por estabilidade sem perda de naturalidade. Já o piano, tratado como elemento secundário, recebe escultura de equalização mais discreta, compressão com ataque lento e liberação prolongada, decisões coerentes com a intenção de deixá-lo como plano de fundo, sustentando o arranjo sem competir com os elementos principais.

De forma geral, o relatório demonstra que o RoEx emprega uma lógica de mixagem fortemente pautada por padrões estilísticos: prioriza clareza vocal, separação estéreo, cortes de graves nos instrumentos que não pertencem ao núcleo rítmico e compressão ajustada conforme a função musical de cada trilha. O resultado é uma mix que, embora totalmente automatizada, revela um raciocínio técnico coerente, estruturado em práticas convencionais de engenharia de áudio e adaptado ao estilo musical previamente informado pelo usuário.

Figura 53 – Interface automix RoEx mix report

Below is an educational overview of how the mix was crafted. For each instrument, the software applied a series of processes—adjusting panning, gain levels, equalisation, dynamics processing via compression, and reverb preferences—to create clarity and balance within the mix. (Remember that every instrument except for drums, bass, and percussion also receives a low cut filter to remove unwanted low-frequency rumble.)

- The lead vocal track was treated as the focal point of the mix. It was positioned dead center and given a subtle early reverb to add ambience without smearing the details. Its EQ was sculpted across multiple frequency bands—attenuating some low-end rumble and moderate lows while gently boosting higher frequencies for clarity. A compressor with a moderate ratio, low threshold, and carefully set attack/release times helps it sit consistently in the mix. In addition, pre- and post-gain adjustments were used to provide an optimal level before and after processing.
- A cajon track (part of the drum family) was panned slightly to one side to create spatial separation. With no reverb added, its EQ was used to gently shape its tone by reducing some muddy frequencies and tightening the overall sound. The dynamic compression was set to respond very quickly, using a fast attack and a short release time, in order to capture the transient energy that drives the instrument's rhythmic impact.
- One acoustic guitar track was panned to the left. Designed to complement the lead elements, its EQ settings removed low-frequency content (following our standard low cut rule) and carefully reduced or boosted certain mid and high frequencies to bring out its natural tone. A compressor with a gentle ratio and a slightly slower attack allowed some of the guitar's natural plucking transients to shine through while keeping the level consistent.
- The bongo/percussion track, not subject to the low cut filter owing to its group, saw EQ adjustments to define its tonal characteristics, emphasizing clarity in the midrange while reducing any excess low-end. Its compressor settings featured a longer release time and a moderate ratio so that its rhythmic pulses remain natural, while subtle gain adjustments ensure it sits well alongside the other percussion and rhythmic elements.
- A lead instrument from an acoustic guitar or solo string family was kept in the centre, ensuring prominence in the mix. Its EQ was set to both lift certain frequencies for presence and cut others to avoid crowding, while the compressor worked with a moderately fast attack and release to maintain dynamics. Gain staging was balanced carefully so that this part stands out as the expressive focal point.
- In another acoustic guitar track with a right-side panning, a more assertive compression ratio was applied along with tighter EQ cuts. These settings help to create contrast amongst the layered guitar parts by attenuating competing mid frequencies and ensuring clarity in the overall string arrangement.
- A background acoustic guitar arrangement that adds rhythmic and harmonic interest was panned to the left. Here, the EQ was used to slightly boost or lower frequency bands to prevent clutter—especially in the midrange—and a steeper compression ratio helped maintain energy and balance among the background elements.
- For another background guitar part panned to the right, a heavier compression setting was implemented to tame dynamic peaks and a more pronounced EQ curve was used to carve out space. The result is a supportive texture that doesn't distract from the lead instruments, with careful gain adjustments ensuring it fits snugly in the overall soundscape.
- The bass track remained in the centre, untouched by the low cut filtering so that all its low-end presence is maintained. Its EQ settings focus on defining the low frequencies while still addressing some sub-bass and mid-bass areas for clarity. The compressor uses a gentle ratio and carefully timed attack and release settings to keep the low-end smooth and consistent, and overall gain staging helps it anchor the mix.
- A further acoustic guitar arrangement—in this case, providing another harmonic layer—was centered in the mix. EQ was used to adjust the tonal balance, ensuring the guitar had both warmth and clarity, while a moderate compression setup smoothed out dynamic contrasts. Appropriate gain adjustments balanced it against the other guitar parts.
- Finally, a piano track was placed in the background. With its role being supportive, the EQ was applied to gently shape its frequency content (removing some unwanted lows and carefully sculpting the mid and high ranges) and a compressor with a measured approach (using slower attack and release times) helped sustain its natural decay and character. Gain settings were dialed in so that it complements rather than competes with the more prominent instruments.

Each track's parameters work together to carve out space, balance dynamics, and form a coherent mix that supports both the lead and the background elements. We encourage you to experiment with additional creative effects—such as delay, modulation, or saturation—in your DAW to further enhance your unique sonic vision. Have fun exploring how slight adjustments can bring new life to your mix!

Fonte: elaboração própria (2025).

## 4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS MIXAGENS: MANUAL, AUTOMATIZADA PELO NEUTRON E NECTAR E AUTOMATIZADA PELO ROEX

### 4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ANÁLISES FEITAS

Uma das primeiras considerações diz respeito ao tempo de execução das diferentes abordagens de mixagem e ao impacto direto dessas diferenças na organização dos fluxos de trabalho. A mixagem manual mostrou-se mais demorada, por depender integralmente de decisões humanas em todas as etapas do processo, desde o balanceamento inicial até os ajustes finos de dinâmica, timbre e espacialidade, embora o tempo não tenha sido cronometrado, estima-se que essa etapa tenha demandado aproximadamente 5 a 6 dias de trabalho efetivo, distribuídos ao longo de cerca de 15 dias, período em que a mixagem foi revisada e ajustada de maneira não contínua. A mixagem assistida por inteligência artificial revelou-se consideravelmente mais ágil, uma vez que se estruturou a partir de sugestões automatizadas que serviram como ponto de partida para intervenções técnicas e estéticas posteriores, totalizando cerca de 2 a 4 dias de trabalho, com complementações feitas ao longo da mesma semana. Por sua vez, a mixagem totalmente automatizada destacou-se pela elevada velocidade de processamento, sendo concluída em um único dia, com o processamento ocorrendo em questão de minutos. Essa eficiência, no entanto, esteve associada à redução do controle criativo, uma vez que se trata de um sistema de funcionamento fechado, com possibilidades limitadas de intervenção subjetiva. Observa-se, assim, uma relação inversamente proporcional entre velocidade de execução e nível de autonomia artística, o que evidencia o papel central da tomada de decisão humana nos processos de produção sonora.

A análise comparativa entre as três mixagens: manual, assistida pelos plug-ins Neutron e Nectar e a automix gerada pelo RoEx, evidenciam diferenças nos níveis de ganho entre os instrumentos, ainda que todas as versões mantenham uma estética bastante próxima da proposta original da música. No que diz respeito à organização espacial dos elementos, a distribuição panorâmica permaneceu praticamente idêntica entre as três abordagens, pois se tratou de um parâmetro controlado manualmente em todos os casos. Assim, a imagem estéreo se apresenta consistente: a voz principal, o baixo e o piano permanecem centralizados, garantindo estabilidade no plano frontal; os violões base são abertos lateralmente em complementação tímbrica, um com característica mais grave e escura, o outro mais agudo e brilhante, preenchendo de forma equilibrada a largura do campo estéreo; os arranjos melódicos, como o solo e o contracanto, permanecem posicionados de forma centralizada na imagem estéreo, mantendo a coerência com os demais elementos principais. Enquanto o cajon e o bongo se distribuem de forma simétrica,

contribuindo para uma ambiência coerente e natural. Dessa forma, constata-se que as principais distinções entre as três versões não estão relacionadas à imagem estéreo, mas sim ao comportamento dos volumes e do processamento aplicado.

No aspecto dos níveis de ganho, percebe-se que a mixagem manual apresenta, no geral um volume ligeiramente superior em comparação à mixagem assistida e à automix do RoEx. Apesar disso, algumas diferenças internas revelam escolhas estéticas particulares de cada abordagem. Os violões base, que exercem papel fundamental como sustentação harmônica, surgem um pouco menos atenuados no RoEx e mostram maior equilíbrio em relação ao conjunto, enquanto na versão manual soam um pouco mais destacados, característica que reforça sua função como elemento principal da textura harmônica. Os arranjos melódicos de entrada e transição para o refrão apresentam maior diferença de volume em relação às suas dobras tanto na mix manual quanto na mix com Neutron/Nectar, criando um leve afastamento entre as camadas; já no RoEx, há maior igualdade entre essas pistas, resultando em uma apresentação mais homogênea dessas linhas. O solo principal, embora semelhante entre a manual e a versão com o Neutron, ganha maior destaque no RoEx, o que se mostra funcional, já que nesse trecho específico a voz não atua e o solo assume o protagonismo musical da seção. O arranjo da segunda estrofe mantém-se bastante consistente entre as três versões, com apenas um ganho discreto na mix com o RoEx. No que se refere à base rítmica, o baixo apresenta um volume muito semelhante nas três mixagens, cumprindo de maneira uniforme seu papel de sustentação e preenchimento das baixas frequências. Houve, entretanto, diferenças mais perceptíveis entre cajon e bongo: na mix manual há maior igualdade entre os dois instrumentos, no Neutron o cajon se sobressai e no RoEx ocorre o inverso, com o bongo recebendo maior realce. O piano, por sua vez, torna-se quase imperceptível na mix manual, permanecendo mais claramente audível nas versões assistida e automática, embora sempre em segundo plano, mantendo os violões como protagonistas da base harmônica. Já que a voz principal permanece mais destacada na mix manual, com uma presença frontal maior, na mix com o Neutron/Nectar adota um comportamento intermediário e no RoEx encontra um equilíbrio mais nivelado com o restante do arranjo.

Nos violões base, posicionados à esquerda e à direita no panorama estéreo, as três mixagens apresentam um conjunto de decisões que busca assegurar clareza, estabilidade e boa distribuição espectral das camadas de cordas. Em todas as abordagens, observam-se cortes de graves (*low-cut*) para evitar mascaramento da região ocupada pelo baixo e eliminar ressonâncias de corpo, enquanto ajustes nos médios e agudos são aplicados para reforçar o ataque das palhetadas e manter o violão presente mesmo quando o arranjo se torna mais denso. Entretanto, a intensidade desses tratamentos varia entre os métodos. Na mixagem manual, os violões soam mais naturais e dinâmicos, com menor atuação de compressão e preservação mais evidente das nuances de

execução. Essa escolha resulta em maior sensação de movimentação e leve destaque dos violões no conjunto, reforçando sua função como base harmônica da música. Já nas versões com Neutron/Nectar e RoEx, há uma compressão mais perceptível, que uniformiza o volume e controla melhor os picos transientes. Essa estabilização favorece a coesão com o restante do arranjo, ainda que reduza ligeiramente o caráter orgânico do instrumento. Além disso, a equalização é utilizada de forma mais assertiva, com um violão recebendo maior ênfase em brilho e definição enquanto o outro é suavemente atenuado em regiões médias-altas, estratégia que contribui para ampliar a imagem estéreo e evitar sobreposição entre as duas execuções. Entre os modelos assistidos, o RoEx tende a posicionar os violões de maneira mais nivelada em volume e presença, o que proporciona equilíbrio interno, enquanto o processamento do Neutron mantém um pouco mais do contraste entre as duas pistas laterais. Assim, ainda que todos os métodos busquem o mesmo objetivo (garantir estabilidade e inteligibilidade aos violões base), cada abordagem revela um grau diferente de intervenção, indo de uma estética mais orgânica e destacada na versão manual a um resultado mais controlado e homogêneo nas mixagens assistidas.

As diversas trilhas de violão (entrada do refrão L, dobra entrada refrão R e arranjo segunda estrofe) receberam tratamentos diferenciados conforme o papel de cada uma no arranjo e a abordagem adotada em cada método de mixagem. Na mixagem manual, arranjos foram tratados com equalizações voltadas ao realce das regiões de presença e definição do instrumento, priorizando a articulação das palhetadas e evitando mascaramento com a voz e o baixo. Não houve compressão nesse processo, preservando a dinâmica natural da performance e o caráter expressivo da execução. Na mixagem assistida com o Neutron, o processamento seguiu a mesma linha estética: a equalização manteve a lógica de reforçar as frequências mais relevantes ao timbre do violão e de atenuar regiões que poderiam gerar conflito espectral. A compressão, quando aplicada, atuou de forma leve, com a função de controlar picos sem interferir significativamente nas transientes do instrumento. O comportamento do violão permaneceu próximo ao da mixagem manual, sugerindo que a ferramenta assistida priorizou preservar o equilíbrio originalmente planejado. No processamento integral realizado pelo RoEx, houve presença de compressão em todos os violões analisados, resultando em maior estabilização dos níveis dinâmicos, especialmente nas seções de maior densidade instrumental. A equalização também buscou manter o instrumento constantemente presente no conjunto, reforçando o espectro médio-agudo e contribuindo para um timbre mais homogêneo e evidente no panorama geral. Apesar da intervenção mais assertiva, a automix não descaracterizou o violão, garantindo que seu papel rítmico e harmônico permanecesse audível ao longo da música.

Na comparação entre as três abordagens de mixagem (manual, RoEx e Neutron) observou-se uma diferença significativa no processamento dinâmico aplicado ao solo principal de

violão, que desempenha um papel de destaque no arranjo. Tanto na mixagem manual quanto na automix gerada pelo RoEx, o controle de dinâmica se aproxima mais do comportamento de um *limiter* do que um compressor tradicional. Esse tipo de processamento impede que o sinal ultrapasse um limite máximo, garantindo que o solo principal permaneça sempre audível e evitando qualquer risco de *clipping*. Tal escolha é coerente com sua função de protagonismo, pois assegura constância e presença desse instrumento mesmo em trechos com variações de intensidade na execução. Em conjunto com essa contenção dinâmica, o equalizador também foi utilizado de forma estratégica nessas duas versões. Frequências que realçam o caráter expressivo do solo foram suavemente impulsionadas, enquanto regiões que não contribuem para o seu timbre, ou que poderiam gerar ressonâncias e “vazamentos” indesejáveis, foram reduzidas. Dessa forma, o Eq. contribui simultaneamente para o ganho percebido e para o controle do espectro, maximizando clareza e definição. Por outro lado, na mixagem assistida pelos módulos do Neutron, o violão solo principal recebeu efetivamente um processamento de compressão, porém com atuação mais sutil e transparente, permitindo que parte de sua dinâmica natural fosse preservada. Esse compressor atua de forma gradual, suavizando picos e estabilizando o posicionamento do instrumento no plano frontal da mixagem, mas sem resultar no tipo de limitação rígida presente na mix manual e especialmente no RoEx. Entretanto, assim como nas outras versões, o equalizador manteve função semelhante, concentrando-se em realçar as frequências de maior expressividade e reduzir áreas que poderiam conflitar com outros instrumentos, contribuindo para o encaixe tonal do violão do solo principal na textura geral. Portanto, a distinção fundamental entre as abordagens está na filosofia de tratamento dinâmico: a mix manual e o RoEx optaram por uma atuação mais assertiva, com característica de *limiting*, garantindo ao violão do solo principal protagonismo constante no cenário sonoro. Já o Neutron adotou um processamento de compressão mais suave e musical, com redução de ganho gradual e preservação de nuances performáticas. Em comum às três abordagens, o equalizador desempenha papel decisivo na definição tonal e na organização das frequências, assegurando que o violão solo principal ocupe o espaço que lhe é devido dentro do arranjo.

No processamento do baixo, foi possível observar que as três abordagens de mixagem apresentaram resultados bastante próximos em termos de estética sonora. Isso ocorre porque, dentro do contexto do arranjo, o baixo exerce papel fundamental na sustentação do corpo harmônico e na estabilidade rítmica, o que naturalmente orienta as decisões técnicas para preservar sua presença robusta e constante. Na mixagem manual, além da compressão com atuação estável para contenção de picos, foi empregado um *pitch shifter* configurado com variação mínima de afinação ( $-3$  cents). O objetivo não foi criar efeitos ou harmônicos artificiais, mas sim realizar uma correção fina de entonação, garantindo maior homogeneidade ao desempenho sem interferir no timbre original. Observa-se que o uso desse recurso foi sutil e funcional, alinhado ao propósito de

reforçar a solidez do baixo na mix. Na versão do RoEx, o relatório evidencia o uso de um compressor/limitador com ataque extremamente curto e release rápido, favorecendo o controle dos transientes sem prejudicar o fluxo natural da performance. Esse comportamento garante que o baixo permaneça firme na base da mix, evitando variações bruscas de volume que comprometeriam sua função estrutural no arranjo. O tratamento de equalização também segue uma lógica compartilhada entre as versões: reforço das faixas graves que conferem peso e energia (aproximadamente entre 50 e 80 Hz), acompanhado de suavização em regiões médio-baixas para evitar excesso de densidade e conflitos com instrumentos harmônicos. Além disso, identifica-se a filtragem sutil de subgraves inaudíveis, apenas com o intuito de eliminar energia desnecessária. Na mixagem com o Neutron, embora o processamento envolva recursos adicionais, como saturação harmônica e controle de *punch*, a percepção sonora permanece próxima às demais versões. O acréscimo de harmônicos médios, mesmo discreto, auxilia na inteligibilidade do baixo em dispositivos com resposta limitada de graves, sem descaracterizar seu papel fundamental no arranjo. Em síntese, o baixo foi o elemento que apresentou menor divergência entre as três metodologias de mixagem. As diferenças concentram-se em ajustes refinados de dinâmica e presença, enquanto a equalização e o papel estrutural do instrumento se mantêm praticamente idênticos. Isso confirma que a função musical do baixo guiou de maneira coerente as escolhas técnicas, independentemente da intervenção humana ou da atuação automatizada por inteligência artificial.

Na mixagem manual, o grave do cajon poderia estar um pouco mais elevado, pois alguns trechos o baixo encobre parcialmente os ataques que funcionam como “bumbo” do instrumento. Ainda assim a região da “caixa” do cajon está bem integrada ao conjunto, com boa inteligibilidade. O equalizador foi utilizado de forma musical, reforçando tanto o corpo grave quanto o ataque no tampo superior, sem cortes ou compressão aplicada nessa etapa, prezando um som mais natural. Nas mixagens com Neutron e RoEx ocorre situação semelhante: o baixo também encobre parte dos ataques graves do cajon, porém a presença do grave é levemente mais perceptível devido ao processamento das inteligências artificiais. No Neutron, o módulo de Eq. realiza uma atenuação em médios-baixos, enquanto realça as regiões de ataque entre 2-4 kHz, contribuindo para maior definição e articulação rítmica. Além disso, o módulo *Punch* atua com ataque rápido, preservando os transientes e ajudando o cajon a se manter evidente mesmo em passagens mais densas da mix. O uso de saturação (*Distort* em modos *Retro* e *Tape*) aumenta a percepção de presença sem depender exclusivamente de ganho, contribuindo para que o instrumento se destaque no arranjo. No RoEx, embora não haja transparência sobre os parâmetros internos, o resultado auditivo indica intenção semelhante: reforço de presença e leve controle dinâmico, mantendo o cajon audível no conjunto. Em síntese, o cajon cumpre bem seu papel rítmico nas três versões. A mix manual

mantém maior naturalidade, enquanto Neutron e RoEx reforçam levemente a presença dos graves. Contudo, em todas as abordagens, o baixo continua predominante nessa faixa, ocasionando discreto mascaramento dos ataques graves do instrumento.

A trilha de bongo atua como elemento secundário da base rítmica e, em todas as três abordagens, seu processamento buscou complementar o cajon sem disputar protagonismo. Em comum, tanto a equalização quanto a compressão foram aplicadas de forma a preservar seu movimento expressivo e a característica do toque com os dedos, garantindo definição sem exageros. As diferenças aparecem no grau de presença e ênfase tímbrica. Na mixagem manual, o bongo foi tratado com maior sutileza, ficando mais integrado ao cajon, com cortes moderados nos graves e médios-graves apenas para evitar excesso de corpo. Esse equilíbrio manteve a sensação orgânica de performance, com dinâmica mais aberta e natural. Já na mixagem assistida com o Neutron, o instrumento recebeu reforço nas frequências de presença e leve controle dinâmico, o que tornou o ataque mais evidente e o bongo mais facilmente perceptível no conjunto, ainda que sem assumir papel principal. No automix do RoEx, observa-se o comportamento inverso: a hierarquia rítmica tende a privilegiar o cajon, reduzindo a projeção do bongô na paisagem sonora e fazendo com que sua contribuição seja mais de suporte do que de destaque. Mesmo assim, o instrumento permanece funcional dentro do *groove*, sustentando o ritmo de maneira discreta, porém coesa com o restante da base. Nas três mixagens, o bongo foi mantido como apoio rítmico ao cajon, variando apenas o quanto fica em evidência: mais natural no manual, mais claro na assistida e mais discreto na automix integral.

Nas três abordagens de mixagem, o piano permanece como elemento de suporte harmônico, ocupando plano de fundo da cena estéreo sem competir com a voz, o baixo e os violões. A equalização é aplicada de maneira sutil nas três versões, removendo o excesso de graves para evitar conflito com o baixo e realçando levemente os médios-agudos, garantindo definição suficiente para a articulação das notas. O que diferencia as metodologias está no tratamento dinâmico e espacial. Na mixagem manual, a compressão atua de forma suave, com tempos longos que preservam a naturalidade da performance. No ajuste assistido com o Neutron, há um leve reforço de sustentação e presença, fazendo com que o piano se mantenha mais constante como preenchimento. Já na automix integral do RoEx, o controle dinâmico se torna mais estável e a imagem estéreo mais expandida, reforçando a função de base harmônica de forma ampla e homogênea. Assim, apesar das diferenças pontuais entre os processamentos, todas as abordagens convergem para o mesmo entendimento estético: o piano deve contribuir para a atmosfera e profundidade do arranjo, mantendo-se como um suporte coeso sem assumir protagonismo na mixagem.

A voz principal ocupa papel central na construção expressiva da canção, sendo sempre mantida em primeiro plano e claramente destacada no panorama estéreo, independentemente da metodologia de mixagem. Em todas as versões, o processamento de afinação é aplicado de modo a preservar a identidade vocal e manter a autenticidade da performance, garantindo que a interpretação continue sendo o foco narrativo da obra. As distinções mais relevantes tornam-se evidentes no grau de lapidação estética e no nível de intervenção sonora realizado em cada abordagem. Na mixagem manual, a voz mantém maior vitalidade e naturalidade, com respirações perceptíveis, oscilações de intensidade e uma dinâmica mais livre, reforçando o sentimento de proximidade e conexão emocional entre cantor e ouvinte. Esse resultado se traduz em uma interpretação mais humana, com nuances que revelam a intenção artística. Na mixagem assistida com o Nectar, há um avanço no polimento e controle da presença vocal. A voz se integra com mais firmeza ao conjunto, apresentando maior consistência de volume e articulação mais nítida. O tratamento aplicado suaviza irregularidades sem descaracterizar o timbre, resultando em um vocal mais homogêneo e moderno, ainda com musicalidade preservada. Essa versão equilibra clareza vocal, brilho e estabilidade dentro da mix. Já na mixagem com o RoEx, o refinamento é ainda mais pronunciado. O som se apresenta com acabamento visivelmente mais finalizado, revelando uma uniformidade dinâmica típica de produções voltadas ao padrão comercial contemporâneo. Apesar de certa redução nas variações naturais da performance, a voz ganha clareza contínua, legibilidade textual ampliada e uma sensação de prontidão técnica para distribuição. De maneira comparativa, as soluções baseadas em inteligência artificial, tanto a mix assistida quanto a integral, resultam em uma voz mais controlada, equilibrada no mix e com maior padronização estética. A versão manual, em contrapartida, prioriza a expressividade original do intérprete e a dimensão emocional da obra. Em síntese, o contraste entre as abordagens evidencia duas filosofias distintas: enquanto a mixagem humana enaltece nuances interpretativas e personalidade artística, as aplicações de IA destacam estabilidade sonora, polimento e previsibilidade de qualidade, que se interpreta como alinhadas às demandas técnicas do mercado fonográfico atual.

Ao observar o desempenho dos diferentes elementos instrumentais nas três abordagens de mixagem torna-se evidente que cada método enfatiza características distintas da produção, refletindo diferentes filosofias estéticas e funcionais. No campo dos violões base e do conjunto rítmico (bongo e cajon), a mixagem manual se destacou positivamente. O equilíbrio natural, a proximidade timbrística e a maior interação entre os instrumentos de percussão resultaram em uma base mais orgânica e coerente com a proposta estética da música. Esse cuidado humano na condução dos níveis e na preservação das nuances contribuiu para uma sensação de maior vivacidade e integração musical. Por outro lado, os arranjos de suporte, como piano e violão solo, apresentam melhor desempenho na mixagem com o RoEx. O sistema trabalhou com mais

eficiência os volumes, os ajustes tonais e os efeitos ao longo dos trechos, conferindo uma estrutura mais fluida e profissional ao conjunto. O solo principal, em especial, beneficiou-se desse tratamento, ganhando maior protagonismo nos momentos em que substitui a voz como foco expressivo da obra. A análise da voz principal revela um cenário particular: a mix assistida com o Nectar obteve o melhor resultado. O maior nível de processamento e precisão na correção de afinação, dinâmica e presença proporcionou um vocal mais polido, constante e adequado aos padrões contemporâneos de produção. Mesmo com maior intervenção técnica, a musicalidade foi preservada, destacando a performance sem exageros perceptíveis.

Quanto ao baixo, o comportamento das três metodologias é bastante semelhante, indicando que o instrumento já estava bem captado e equilibrado no arranjo, exigindo apenas ajustes sutis de compressão e equalização para cumprir sua função de suporte.

Apesar dessas preferências pontuais por elementos específicos de cada abordagem, o resultado geral mais equilibrado foi alcançado pela automix integral com o RoEx. O sistema demonstrou maior uniformidade na relação entre os instrumentos e controle mais consistente dos níveis ao longo de toda a música, garantindo clareza e coesão estética em diferentes trechos da obra. Essa estabilidade contribui para uma percepção de mixagem mais fluida e profissional, aproximando-se de um padrão comercial contemporâneo. Dessa forma, mesmo que a mixagem manual e a assistida com o Neutron tenham apresentado melhor desempenho em alguns aspectos individuais, o RoEx se sobressai no conjunto, por oferecer a melhor integração global entre todos os elementos sonoros.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou investigar a aplicação de tecnologias de inteligência artificial no fluxo de trabalho da mixagem musical, considerando diferentes níveis de automação, a partir da análise da obra “Loucamente”, do grupo Reitoria. Para tanto, foram comparadas três abordagens distintas de mixagem: a tradicional, realizada manualmente pelo pesquisador, a assistida, utilizando os plug-ins Neutron e Nectar da Izotope e a totalmente automatizada realizada pelo sistema RoEx, baseado em inteligência artificial integral. Essa análise permitiu compreender não apenas as diferenças técnicas e perceptivas entre os métodos, mas também as implicações conceituais do uso de IA na produção musical, à luz de estudos recentes sobre o tema (Fazekas et al., 2023; Moffat; Sandler, 2019).

A partir do exame comparativo das três mixagens, tornou-se evidente que cada abordagem apresenta vantagens e limitações específicas, as quais dependem diretamente do tipo de fluxo de trabalho adotado e do papel que o usuário pretende assumir no processo criativo. A mixagem manual revelou-se a mais flexível e personalizada, permitindo ao produtor ajustar minuciosamente parâmetros de equalização, dinâmica, espacialidade e ambiência, de forma a expressar sua intenção artística de maneira precisa. Tal abordagem, contudo, exige elevado conhecimento técnico, tempo e dedicação, sendo adequada especialmente para produtores que desejam controlar todos os aspectos sonoros da obra e explorar nuances subjetivas que dificilmente poderiam ser captadas por algoritmos. Observou-se que, na mixagem manual de “Loucamente”, a percepção de profundidade, clareza dos elementos rítmicos e inteligibilidade vocal foi maximizada, refletindo decisões conscientes de balanceamento entre instrumentos, efeitos de *reverb* e compressão, assim como ajustes específicos de timbre, *panning* e dinâmica.

Por outro lado, a utilização de plug-ins assistidos por IA, como o Neutron e o Nectar, representa uma alternativa híbrida que alia automação a intervenção humana. Nesse fluxo de trabalho, os algoritmos fornecem sugestões baseadas em análise de espectro, dinâmica e inteligibilidade, facilitando decisões técnicas e oferecendo um ponto de partida sólido para o produtor. Os resultados indicaram que a mixagem assistida proporcionou ganhos significativos de eficiência, facilitando ajustes de equalização e compressão, ao mesmo tempo em que manteve certa autonomia criativa, permitindo que decisões subjetivas, como a definição da largura estéreo, fossem realizadas manualmente pelo produtor. Observou-se que a inteligência artificial atuou como um suporte inteligente, destacando-se especialmente na detecção de frequências conflitantes e na recomendação de níveis ideais de ganho. No entanto, a IA assistida ainda depende do julgamento humano para refinar o caráter estético da mixagem, evidenciando que embora útil, não substitui a sensibilidade artística do produtor.

O sistema RoEx, baseado em automatização total do processo, ofereceu uma perspectiva ainda mais radical, ao realizar todo o processamento de forma autônoma. Essa abordagem apresentou vantagens notáveis em termos de rapidez e consistência, sendo capaz de gerar uma mixagem equilibrada sem a intervenção direta do usuário. Entretanto, a análise perceptiva evidenciou uma limitação inerente à automix: embora a mixagem automatizada apresentasse equilíbrio técnico e clareza sonora, ela não permitia alterações ou refinamentos por parte do produtor, restringindo a possibilidade de ajustes subjetivos e de personalização estética da obra. Tais observações corroboram os estudos de Fazekas et al. (2023), que apontam que sistemas totalmente automatizados ainda enfrentam dificuldades na incorporação de escolhas artísticas complexas, sendo mais adequados para aplicações onde a rapidez e padronização são prioritárias, ou para produtores iniciantes que buscam resultados satisfatórios sem aprofundamento técnico.

Ao comparar os fluxos de trabalho, percebe-se que o tipo de IA utilizada e o nível de automação interferem diretamente na experiência do usuário e nos resultados. No contexto da mixagem manual, o fluxo é centrado no produtor, com controle total sobre decisões estéticas e técnicas, na mixagem assistida, o fluxo é colaborativo, integrando sugestões inteligentes sem comprometer a autonomia criativa. Já na automix, o fluxo é quase completamente automatizado, deslocando o produtor para um papel mais avaliativo do resultado. Essa análise indica que a escolha da ferramenta de IA deve considerar não apenas a eficiência técnica, mas também os objetivos artísticos do projeto, o perfil do usuário e a complexidade da obra.

Além disso, a avaliação crítica dos resultados reforça a relevância da interação humano-computador na produção musical. A inteligência artificial, quando aplicada de forma assistida, tem o potencial de otimizar o tempo, reduzir erros e fornecer *insights* técnicos, mas não substitui a sensibilidade estética e a capacidade de julgamento musical do produtor. No caso da obra analisada, as mixagens manual e a assistida convergiram em termos de clareza e definição sonora, mas apenas a intervenção humana foi capaz de criar um senso de identidade sonora, moldando a obra de acordo com intenções subjetivas específicas. Já a mixagem totalmente automatizada, embora eficaz na uniformidade e equilíbrio de frequências, demonstrou limitações na expressividade e na caracterização individual dos elementos musicais.

Considerando os tipos de inteligência artificial estudados na literatura, cada abordagem possui vantagens e desafios específicos: enquanto os sistemas baseados em regras fornecem transparência e previsibilidade, os algoritmos de aprendizado de máquina oferecem adaptabilidade, mas podem carecer de justificativa interpretativa; os modelos de *deep learning* apresentam potencial de automação avançada, porém ainda enfrentam limitações na incorporação de elementos subjetivos e contextuais. Nesse sentido, a escolha da tecnologia mais adequada deve

considerar o nível de controle desejado, a complexidade do projeto e o grau de intervenção artística esperado.

O presente estudo permitiu observar que, na prática, as abordagens de mixagem medidas por inteligência artificial não se manifestam de forma estanque ou rigidamente separada. Embora se possa teoricamente distinguir entre mixagem informativa, sugerida, independente e automática, as três versões analisadas (manual, assistida e automatizada) demonstram que esses níveis frequentemente coexistem dentro de um mesmo fluxo de trabalho, manifestando-se em diferentes etapas e tarefas do processo. No caso da mixagem manual, o processo manteve-se integralmente dependente da ação humana. Já a mixagem assistida fez o uso combinado de estratégias de mixagem sugerida e independente, nas quais o sistema apresentou recomendações e executou tarefas específicas sob supervisão do operador. Por sua vez, a mixagem totalmente automatizada caracterizou-se predominantemente pelo nível de automação automática, com mínima intervenção humana. Esses resultados reforçam que os níveis de automação não devem ser compreendidos como categorias rígidas, mas como camadas funcionais que podem se integrar de maneira flexível conforme os objetivos estéticos e técnicos da produção.

O presente estudo também evidencia implicações importantes para a educação e o desenvolvimento de habilidades na produção musical. A utilização de ferramentas assistidas por IA pode acelerar o aprendizado, oferecendo ao estudante *feedback* imediato sobre decisões técnicas e melhorando a compreensão de processos de mixagem complexa. Entretanto, a dependência exclusiva de sistemas automatizados pode limitar a capacidade de desenvolvimento crítico e artístico, reforçando a necessidade de equilíbrio entre automação e prática manual.

Em síntese, a investigação realizada demonstra que a inteligência artificial representa uma ferramenta valiosa e emergente na mixagem musical, capaz de ampliar possibilidades criativas e otimizar fluxos de trabalho. Entretanto, seu uso deve ser contextualizado, considerando o papel do produtor, os objetivos estéticos da obra e a complexidade técnica da mixagem. A experiência com “Loucamente” revelou que a combinação de intervenção humana e suporte de IA proporciona o melhor equilíbrio entre eficiência e expressividade, permitindo resultados de alta qualidade sem comprometer a identidade sonora da obra. Assim, conclui-se que a IA, embora poderosa, não substitui a criatividade e o julgamento crítico do produtor musical, sendo mais eficaz quando integrada de forma inteligente e complementar ao processo criativo humano.

Portanto, a pesquisa reforça que a evolução tecnológica no campo da produção musical não substitui a sensibilidade artística, mas a expande, oferecendo novos recursos para a experimentação sonora, o aprendizado e a otimização de processos. A aplicação da IA na mixagem musical é, assim, uma oportunidade de convergência entre técnica e estética, cuja adoção criteriosa

pode elevar tanto a qualidade quanto a singularidade das produções, sem eliminar o protagonismo do ser humano no processo criativo.

## REFERÊNCIAS

- ALL THINGS NEW. **As 6 melhores ferramentas de IA para ajudar a misturar e masterizar a sua música: LANDR**. 2024. Disponível em: <https://new.atsit.in/pt/posts/4287871609/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- CHEN, Yanxu; GOU, Tian; HUANG, Linshu. **Applications and advances of artificial intelligence in music generation: a review**. ArXiv, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2409.03715>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- DE MAN, Brecht; REISS, Joshua D.; STABLES, Ryan. **Intelligent Music Production**. 1. ed. Abingdon; New York: Focal Press, 2019.
- DROSSOS, Konstantinos et al. Artificial Intelligence and Music: From Composition to Performance and Beyond. **ACM Computing Surveys**, v. 55, 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/370881208\\_Artificial\\_Intelligence\\_and\\_Music\\_From\\_Composition\\_to\\_Performance\\_and\\_Beyond](https://www.researchgate.net/publication/370881208_Artificial_Intelligence_and_Music_From_Composition_to_Performance_and_Beyond). Acesso em: 5 jun. 2025.
- EVERYTHING RECORDING. **Review: iZotope Neutron 3**. 2019. Disponível em: <https://everythingrecording.com/review-izotope-neutron-3/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- FAZEKAS, George; ROLLAND, Jean-Baptiste; SAFI, Maryam; VANKA, Soumya Sai. **Adoption of AI technology in the music mixing workflow: an investigation**. ArXiv, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2304.03407>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- FAZEKAS, György; ROLLAND, Jean-Baptiste; SAFI, Maryam; VANKA, Soumya Sai. **The role of communication and reference songs in the mixing process: insights from professional mix engineers**. ArXiv, 29 set. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2309.03404>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- FAZENDA, Bruno M.; WILSON, Alex. Variation in multitrack mixes: analysis of low-level audio signal features. **Journal of the Audio Engineering Society**, New York, v. 64, n. 7/8, jul./ago. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17743/jaes.2016.0029>. Acesso em: 5 jun. 2025.
- FOCUSRITE. **Focusrite Control – Guia de roteamento e monitoramento**. 2025. Disponível em: <https://userguides.focusrite.com/hc/pt/articles/18653359204370-Página-de-roteamento-de-saída>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- IZHAKI, Roey. **Mixing Audio: Concepts, Practices and Tools**. Oxford: Focal Press, 2008.
- IZOTOPE. **Neutron: mixing and analysis tool**. 2024. Disponível em: <https://www.izotope.com/en/products/neutron.html>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- MILNER, Greg. **Perfecting Sound Forever: An Aural History of Recorded Music**. New York: Faber & Faber, 2009.
- MOFFAT, David; SANDLER, Mark B. **Approaches in intelligent music production**. Arts, Basel, v. 8, n. 4, p. 125, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-0752/8/4/125>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- MOISES App. **A evolução da produção musical: da fita à DAW**. Disponível em: Moises App. Acesso em: 12 ago. 2025. [Moises.ai](https://moises.ai)

MUSIC RADAR. **iZotope Neutron 3 Advanced review**. 14 nov. 2019. Disponível em: <https://www.musicradar.com/reviews/izotope-neutron-3-advanced>. Acesso em: 25 jun. 2025.

OWSINSKI, Bobby. **The Mixing Engineer's Handbook**. Vallejo: ArtistPro, 1999.

RAMPIM, Maria Olívia. **Web 3.0: além do futuro do marketing**. 1. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2024.

TSIROS, Augoustinos; PALLADINI, Alessandro. **Towards a human-centric design framework for AI assisted music production**. In: PROCEEDINGS of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME), Birmingham, UK, jul. 2020. p. 399–404. DOI: 10.5281/zenodo.4813436. Disponível em: [https://www.nime.org/proceedings/2020/nime2020\\_paper78.pdf](https://www.nime.org/proceedings/2020/nime2020_paper78.pdf). Acesso em: 25 jun. 2025.