

RELATÓRIO LOGROU LINX 12-2024

1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é certificar o funcionamento de um bloqueador de áudio, marca LYNX modelos BOX e HOLDER, destinado ao bloqueio de sinais de áudio ambiental captados por aparelhos gravadores, com ênfase em smartphones, tornando-os ininteligíveis e irrecuperáveis.



Figura 01 - Exibe os equipamentos testados: à esquerda, BOX; à direita, HOLDER

2. Análise de Funcionalidade

Visa avaliar o sinal de áudio gravado por dispositivos smartphones ao serem inseridos no dispositivo Lynx.

Quando o dispositivo gravador é posicionado dentro do aparelho Lynx com a gravação ativa, observam-se anomalias significativas nos parâmetros do sinal de áudio. Análises realizadas por meio de oscilograma e espectrograma revelam a saturação generalizada do

sinal de áudio, com aumento na intensidade do sinal em toda a faixa de frequência registrada, resultando no bloqueio de qualquer sinal inteligível, ou seja, sinais que contenham informações comprehensíveis, como voz, ruídos determinados ou tons bem definidos.

O oscilograma e o espectrograma apresentados na Figura 02 ilustram os efeitos descritos. Inicialmente, observa-se a presença de um tom artificial gerado na faixa de 2000 Hz, juntamente com seus harmônicos. Esse tom permanece perceptível até o momento em que o aparelho gravador é inserido no equipamento Lynx, momento em que começam a se manifestar os efeitos descritos, os quais persistem até a retirada do aparelho gravador.

Analizando o espectrograma na Figura 02, nota-se que o tom gerado em 2000 Hz e seus harmônicos se tornam completamente indistinguíveis em meio aos sinais de interferência gerados pelo aparelho Lynx. A extensão da degradação do áudio gravado sugere que não se trata apenas de inserção de ruídos, mas sim da disfuncionalidade do microfone gravador, que está sujeito às interferências mecânicas, elétricas e magnéticas geradas pela ação dos sinais de alta frequência emitidos pelo aparelho Lynx, resultando na saturação do dispositivo e, consequentemente, em sua inoperabilidade.

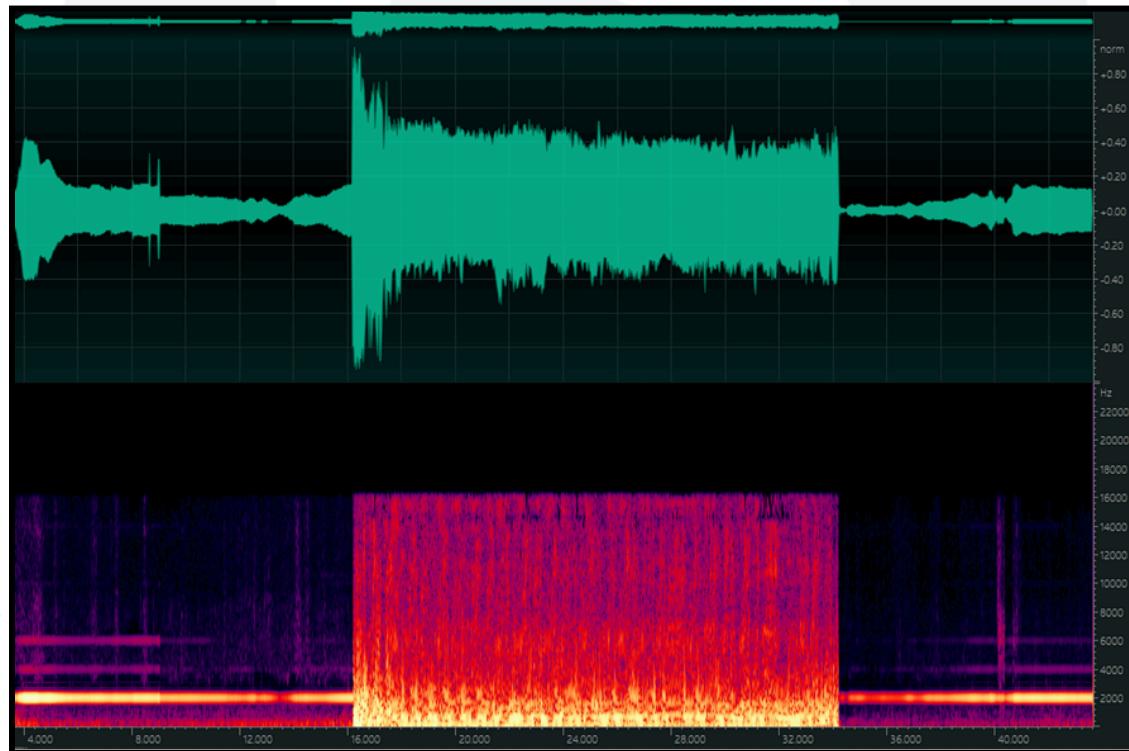


Figura 02 – Exibe o oscilograma e o espectrograma do áudio descrito acima



A funcionalidade do aparelho foi testada com dezenas de dispositivos móveis smartphones oriundos de marcas e modelos diversos, abarcando as principais marcas comercializadas no Brasil, incluindo aparelhos Samsung, Xiaomi, Apple, Motorola; além de gravador digital dedicado da marca/modelo “Zoom H1n Profissional” com microfone bidirecional acoplado.

A funcionalidade do aparelho foi testada com dezenas de dispositivos móveis smartphones de diversas marcas e modelos. Foram incluídos aparelhos das principais marcas comercializadas no Brasil, como Samsung, Xiaomi, Apple e Motorola. Além dos testes com aparelhos smartphones, o Lynx também foi testado com gravador digital estéreo da marca “Zoom H1n Profissional”, que possui microfone bidirecional acoplado e funcionalidades que permitem controlar manualmente a sensibilidade do microfone além de opções de controle automático (LIMITER, LOCUT e AUTOLEVEL) que possibilitam a redução de eventuais picos de volume, aplicação de filtros de baixa frequência e ajuste de ganho do microfone, visando reduzir distorções e ruídos, bem como garantir o equilíbrio da intensidade do sinal ao longo da gravação. Ressalta-se, nesse sentido, que mesmo com os controles automáticos ativados, o sinal de áudio ambiental foi bloqueado pelo equipamento Lynx.

3. Análise de recuperação do sinal bloqueado

Para os testes de recuperação dos sinais inteligíveis, inicialmente foi produzido um áudio composto por um trecho com a repetição da palavra 'testando', seguido da inserção do smartphone, com o gravador ativo, no dispositivo Lynx, ainda emitindo o sinal de voz ('testando'). Em seguida, o smartphone foi retirado do bloqueador e logo reinserido, desta vez sem emissão de voz, sendo então retirado antes de finalizada a gravação (Figura 03).

A partir dessas gravações, foram aplicadas diferentes técnicas de processamento de áudio para tentar recuperar o sinal de voz bloqueado, incluindo:

Obtenção do perfil de frequência da interferência: Primeiramente, foi extraído o perfil de frequência do trecho que continha apenas os sinais de interferência gerados pelo Lynx, enquanto o smartphone estava dentro do bloqueador. Esse perfil foi utilizado para subtrair as frequências de interferência no trecho do áudio onde estavam presentes tanto a voz quanto a interferência. O processo incluiu tanto a remoção total quanto a redução parcial das frequências de interferência (Figuras 04, 05 e 06).

Obtenção do perfil de frequência da voz: Foi gerado o perfil de frequência do trecho de áudio em que o smartphone estava fora do Lynx, gravando o sinal de voz de forma limpa. A partir desse perfil, foram preservadas as frequências de interesse no trecho de voz/interferência e, em contrapartida, removidas as frequências que diferiam do perfil de voz, identificadas no trecho que continha a interferência gerada pelo bloqueador (Figura 07).

Filtro passa-baixa: Foi utilizado um filtro passa-baixa com a banda passante limitada a 450 Hz, faixa de frequência onde se concentra a maior parte do sinal da voz humana. Essa técnica tem como objetivo atenuar ou eliminar frequências superiores a 450 Hz, que estão fora da faixa mais relevante para a voz (Figura 08).

Redução de ruído automática: A ferramenta de redução de ruído automática do software Ocenaudio foi aplicada, inclusive com múltiplas iterações, com o objetivo de eliminar ruídos indesejados no áudio (Figura 09).

Finalmente, os diferentes métodos de processamento de áudio foram combinados visando a recuperação do sinal de voz bloqueado (Figura 10).

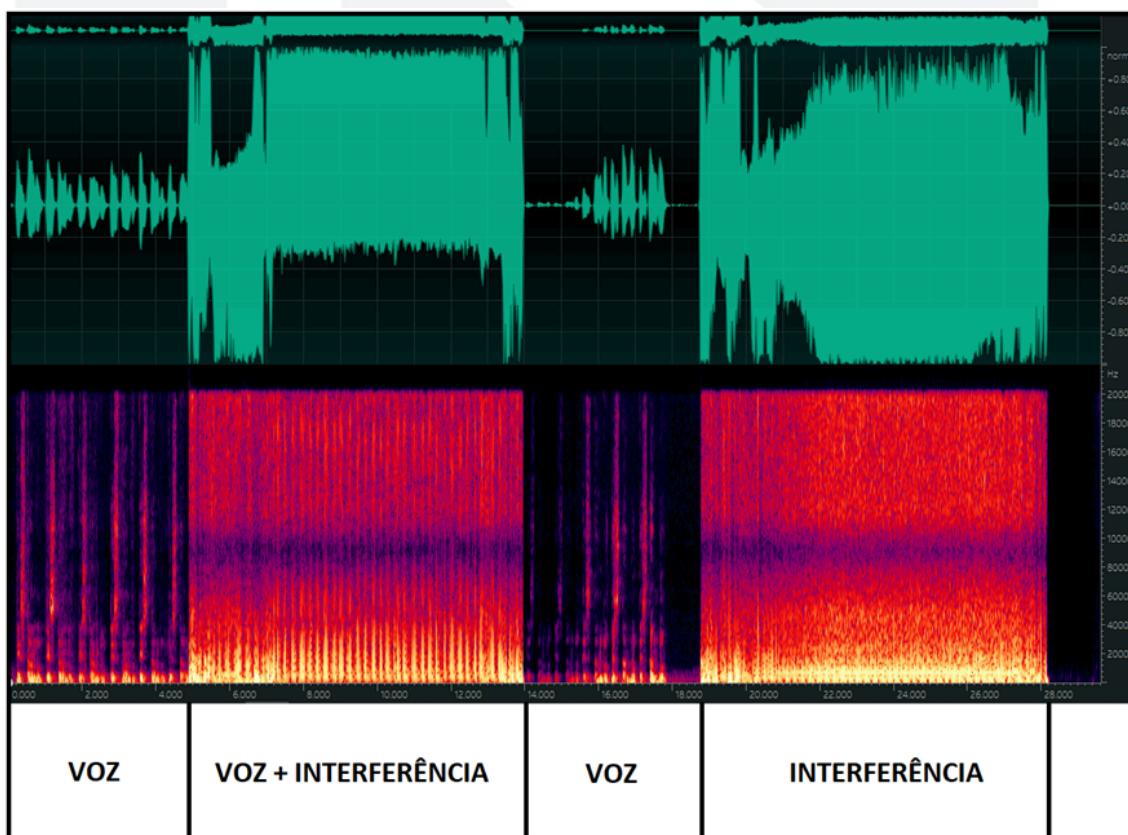


Figura 03 – Primeiro áudio utilizado nos testes de recuperação de sinal

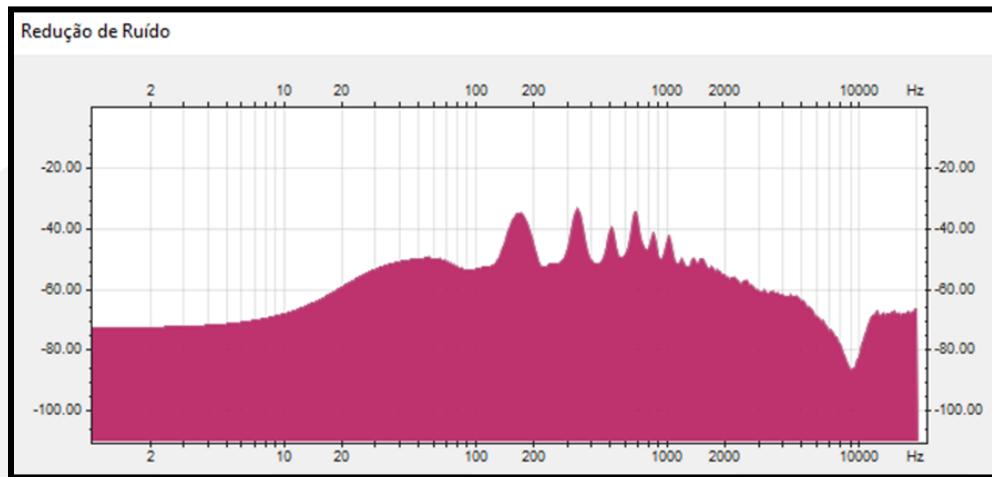


Figura 04 – Mostra o perfil obtido para método de redução de ruído

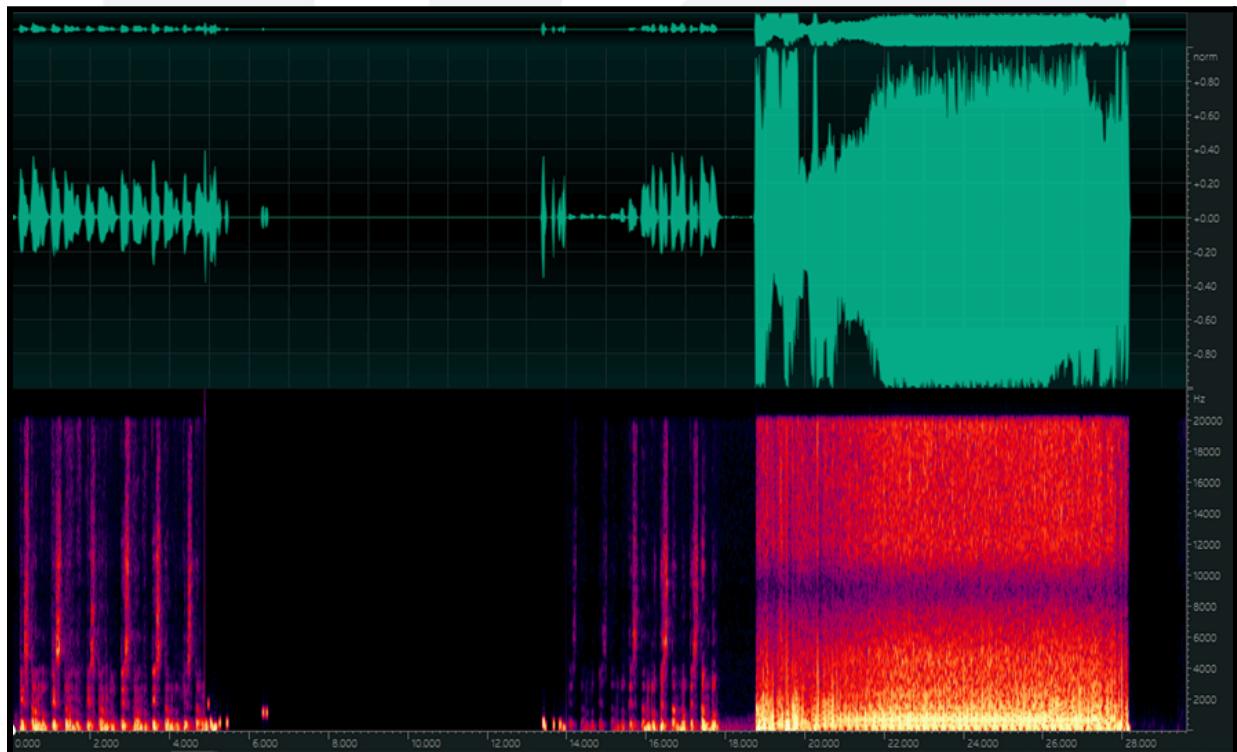


Figura 05 – Mostra remoção de ruído com base no perfil de frequências obtidos no trecho de interferência, evidenciando a ausência de qualquer sinal de voz

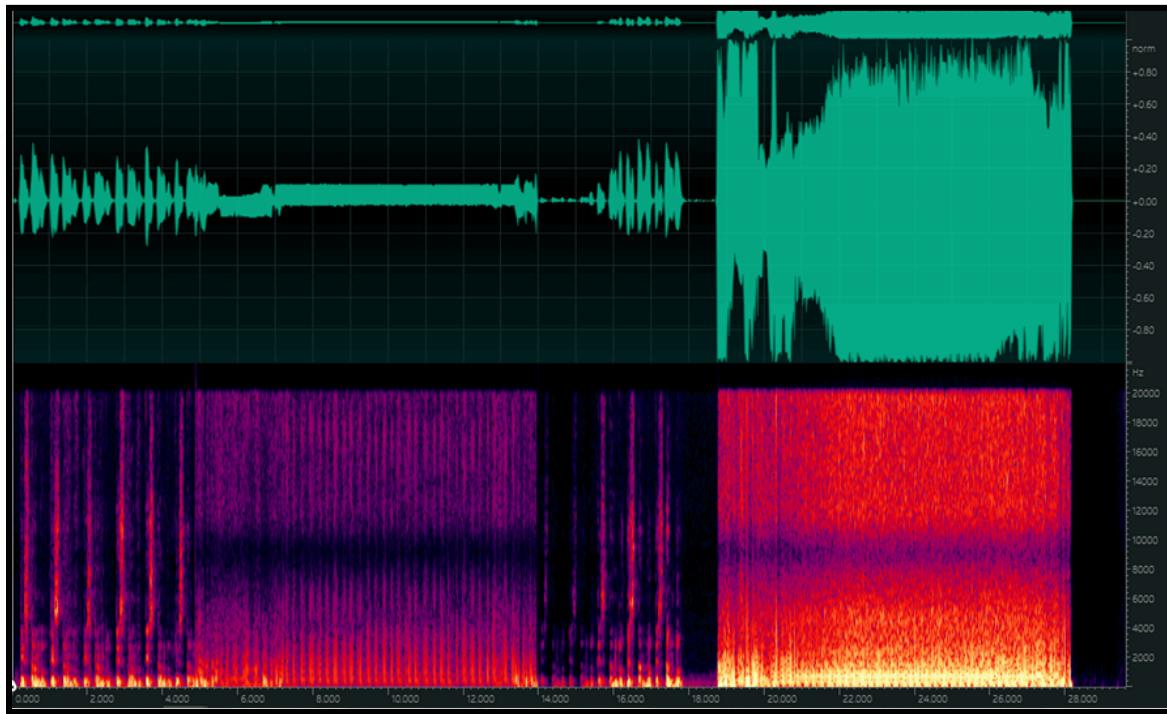


Figura 06 – Mostra redução de ruído (fator de 20 db) com base no perfil de frequências obtidos no trecho de interferência, evidenciando a ausência de qualquer sinal de voz

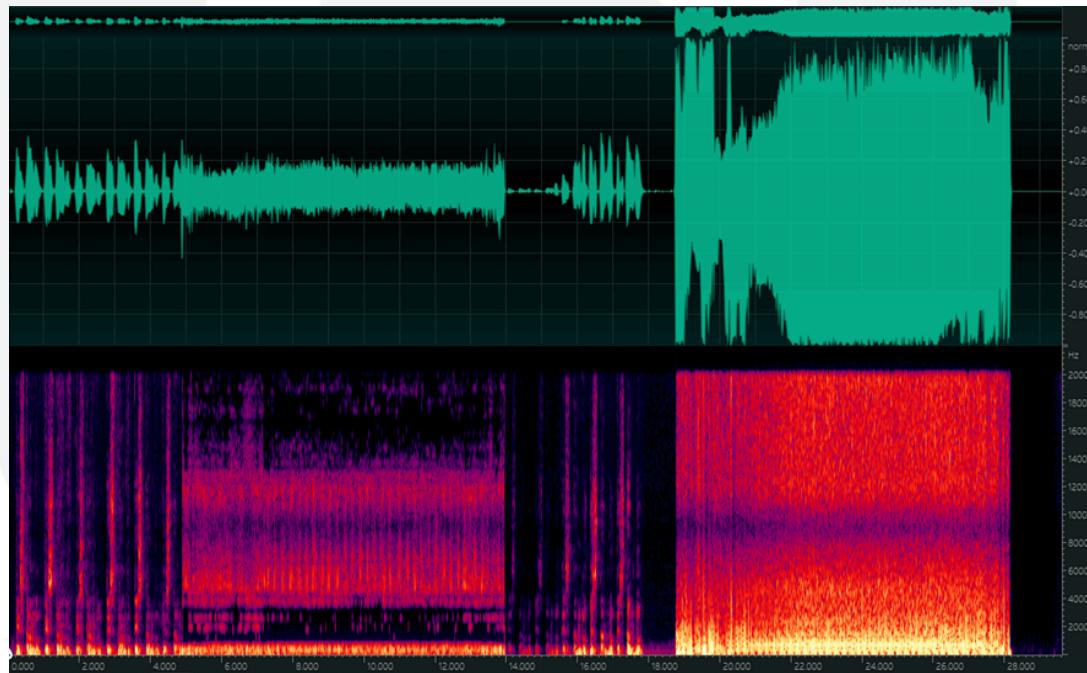


Figura 07 – Mostra resultado da manutenção do perfil de frequência, obtido do trecho de voz limpo, com posterior preservação dessas frequências no trecho de voz/interferência, em detrimento das frequências que mais diferem do perfil de voz

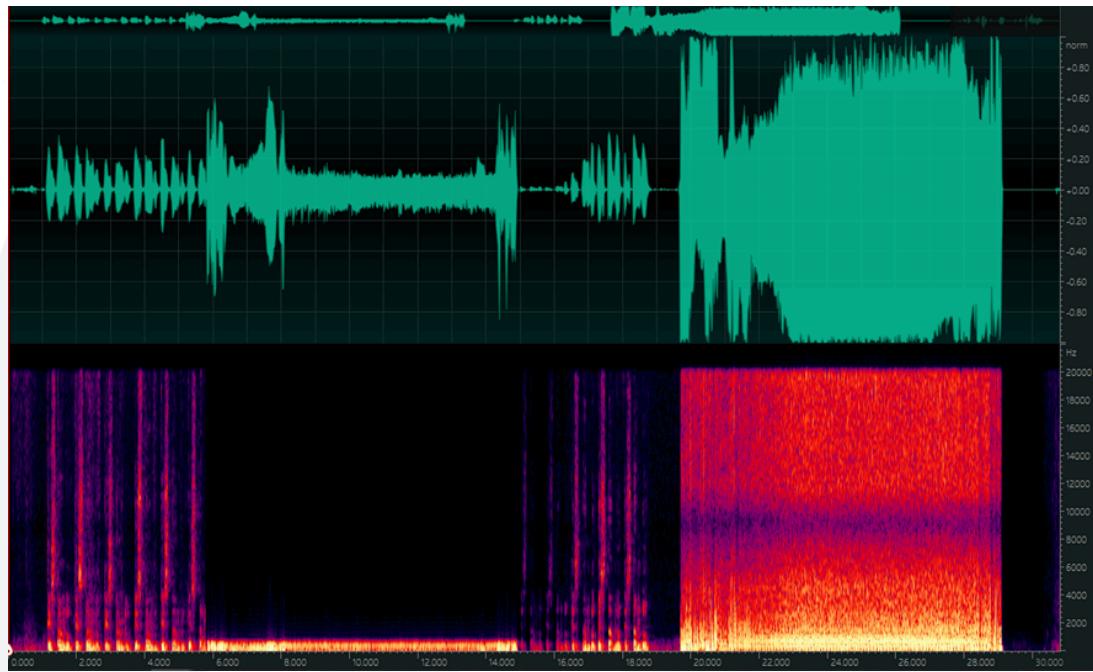


Figura 08 – Mostra resultado após aplicação de filtro passa-baixa (com banda passante limitada a 450 Hz, decaimento em 180 db/década)

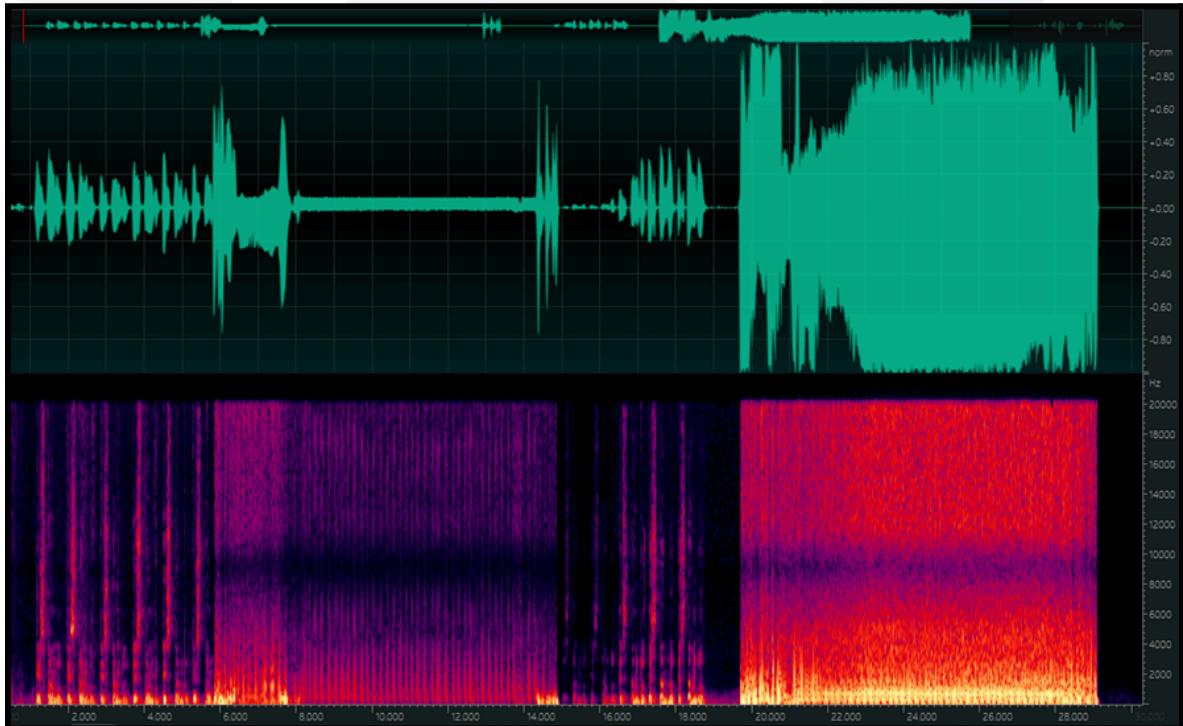


Figura 09 – Mostra o resultado da redução de ruído automática, inclusive aplicado múltiplas vezes

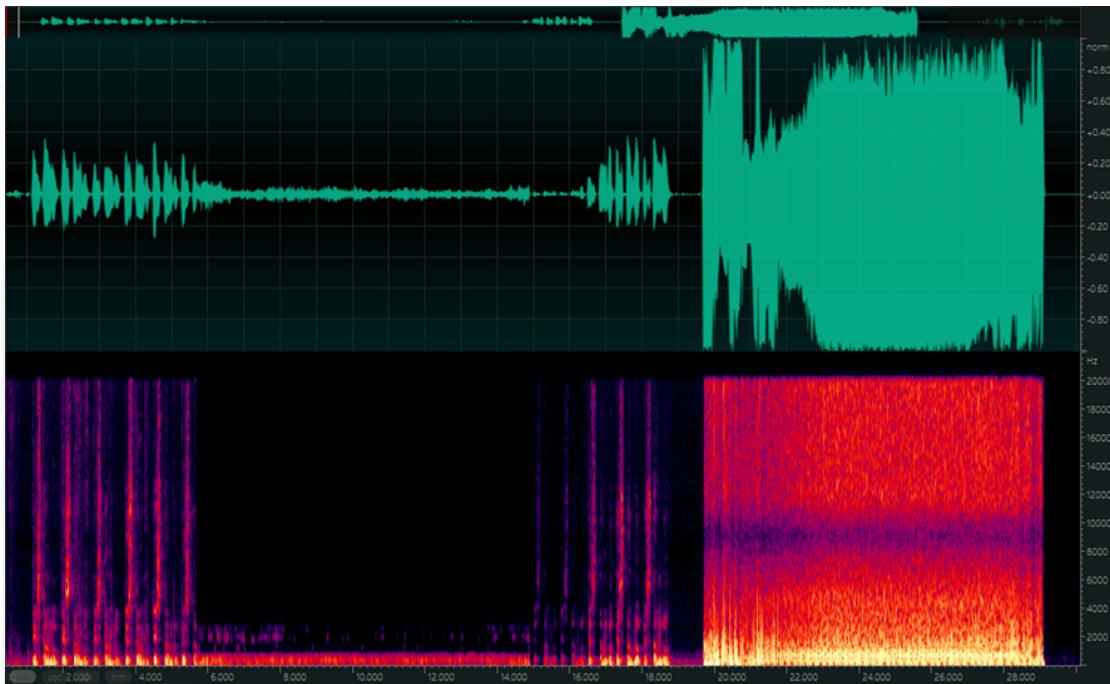


Figura 10 – Mostra o resultado da combinação dos métodos descritos

4. Conclusão

Após a aplicação dos diversos métodos de tratamento de áudio, conforme descrito, não foi possível recuperar o sinal de voz ou qualquer outro som ambiental inteligível. A interferência gerada pelo dispositivo Lynx resultou na completa perda de informações acústicas. A análise revelou que, embora os métodos aplicados tenham reduzido ou eliminado trechos do sinal de interferência, nenhum dos procedimentos foi capaz de restaurar a inteligibilidade do áudio original, evidenciando a efetividade do bloqueio realizado pelo dispositivo. Assim, pode-se concluir que os dados sonoros originais foram irreversivelmente comprometidos pela ação do bloqueador Lynx, tornando-os ininteligíveis e irrecuperáveis.

DANIEL LIMA LOGRADO
Perito

RAFAEL DUCLOU RITO
Perito