



São Paulo, Brazil  
October 29-30, 2018

The Tenth International Conference on  
FORENSIC COMPUTER SCIENCE and CYBER LAW

[www.ICoFCS.org](http://www.ICoFCS.org)

DOI: 10.5769/C2018010 or <http://dx.doi.org/10.5769/C2018010>

## Arquivos de áudio: exames via análise hexadecimal

Clauderson Marchesan Biali

*Porto Alegre - RS, Brasil, Email: [eng.clauderson@gmail.com](mailto:eng.clauderson@gmail.com)*

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo apresentar, através da análise hexadecimal, o resultado obtido na busca de vestígios de manipulações em arquivos de áudio. Arquivos de voz foram manipulados com ferramentas que efetuam este procedimento para posterior análise hexadecimal, buscando informações nos metadados dos arquivos editados. Esta análise baseia-se na identificação das possíveis alterações que as ferramentas de áudio manipulação podem promover quando utilizadas para editar, maliciosamente ou não, arquivos de voz. De posse dos áudios originais e dos dispositivos de aquisição dos áudios, após modificações controladas nos arquivos originais, foram efetuadas comparações nos conteúdos hexadecimais das gravações. Atualmente os formatos de arquivos mais amplamente utilizados pelos equipamentos de aquisição de áudio são os seguintes: o MP3 (MPEG Layer 3), M4A (MPEG-4) e o WAV (WAVEform audio format), em decorrência de sua vasta utilização, neste trabalho foram analisados somente estes formatos de áudio. Os resultados obtidos através da análise efetuada permitiram garantir a identificação de vestígios de edição segundo a metodologia utilizada.

**Palavras-chave:** Áudio. Hexadecimal. Audio-editores.

**Abstract:** The present work aims to present, through the hexadecimal analysis, the result obtained in the search for traces of manipulations in audio files. Voice files were manipulated with tools that perform this procedure for later hexadecimal analysis, in which information was sought on the metadata of the edited files. The hexadecimal analysis is based on identifying the possible changes that audio manipulation tools can promote when used to edit, maliciously or otherwise, voice files. With the original audios and audio acquisition devices, after controlled modifications in the original files, comparisons were made between the different hexadecimal contents of the recordings. Currently, the file formats most widely used by audio acquisition equipment are the following: MP3 (MPEG Layer 3), M4A (MPEG-4) and WAV (WAVEform audio format); due to their extensive use, only these audio formats were analyzed at the present work. The results obtained through the analysis made possible to guarantee the identification of traces of edition according to the methodology used.

**Key words:** Audio. Hexadecimal. Audio-editors.

## 1. Introdução

Nas áreas criminal ou cível, a culpabilidade ou inocência dos envolvidos, em grande parte, se deve às provas físicas. Portanto, é fundamental que tais provas sejam criteriosamente avaliadas quanto à sua autenticidade. Especificamente nas provas analisadas neste trabalho - gravações digitais de conversação, feitas através de escutas telefônicas ou de aquisições diretas via microfone (gravadores digitais, celulares entre outros) - a avaliação se deu no sentido de verificar a ocorrência, ou não, de edição nas gravações. Tais edições podem se dar: excluindo trecho da gravação; inserindo ruído com o objetivo de mascarar alguma fala comprometedor ou silenciando trechos incriminadores, entre outros. A oferta de ferramentas digitais para edição de áudios é muito grande e está ao alcance das pessoas comuns. Os computadores pessoais estão preparados para rodarem tais ferramentas, propiciando ao usuário comum implementar, a qualquer tempo, manipulações em arquivos de áudios digitais.

A análise hexadecimal proposta neste trabalho é mais um elemento que pode fundamentar a conclusão pericial, podendo sugerir, e até mesmo confirmar, a existência de manipulações no áudio analisado.

## 2. Tipo de análise

O objetivo é tentar demonstrar que é possível identificar indícios de edição através da análise do conteúdo hexadecimal. Os arquivos de áudio aqui estudados foram analisados desconsiderando-se verificações de continuidade, pois foram feitas manipulações controladas, as quais geraram descontinuidades nas gravações, provocando descontextualização nos arquivos originais, para posterior análise no conteúdo hexadecimal.

A aquisição de áudios através de escutas muitas vezes se dá distante da fonte emissora e em ambiente descontrolado, sujeito a ruídos, fatores que facilitam os trabalhos de adulterações eletrônicas/digitais/fonéticas nesses arquivos. Desse modo, um ruído presente em determinado trecho da gravação pode ser inserido/suprimido

em outro com o objetivo de esconder/modificar alguma fala que poderia comprometer o interlocutor.

## 3. Metodologia de obtenção dos áudios

Os áudios analisados foram obtidos nos formatos MP3 e WAV, pois, conforme mencionado anteriormente, são os formatos comumente utilizados pelos gravadores digitais de voz. Ainda que não seja muito utilizado em dispositivos específicos para aquisição de áudio, o formato M4a (MP4 ou MPEG-4) também foi analisado neste trabalho por ser utilizado por aplicativos de telefones móveis. Os equipamentos de aquisição foram: gravador de voz digital da fabricante Sony, modelo ICD-PX 820; smartphone Samsung, modelo Galaxi J7 Prime, pen drive espião com gravador de voz, além de conteúdo adquirido através de interceptação telemática.

Durante a obtenção do material para análise, foram simulados trechos em silêncio através da extinção da fonte emissora sonora (pausando-se o dispositivo emissor de áudio), assim como foram adicionados ruídos através da sobreposição de sons com a utilização de fonte sonora terceira (rádio e ruído de atrito entre objetos, por exemplo). Esta metodologia de obtenção de áudio com interferências foi adotada com o objetivo de compará-la, posteriormente, com interferências geradas maliciosamente, como a inserção de trechos de fala sobrepostos, ou inserção de ruídos, efetuadas através de softwares de edição. De posse dos áudios originais obtidos com ruídos, bem como dos áudios manipulados, é possível analisar comparativamente o conteúdo hexadecimal e verificar as alterações hexadecimalmente ocorrentes com os dois áudios. As análises foram efetuadas com a utilização dos softwares Winhex e Autopsy.

## 4. Áudios e formatos

O material submetido à análise, bem como seus formatos, tamanhos e assinaturas podem ser observados através da Tabela 1 a seguir. Registra-se ter sido mantida a nomenclatura original dos arquivos atribuídos pelos dispositivos de aquisição.

Arquivo	Tamanho arquivo	Assinatura	Dispositivo de aquisição
18011001.MP3	1,5 MB	49 44 33 03	Gravador digital Sony
8917032.wav	638 kB	52 49 46 46	Interceptação telemática
REC003.WAV	2,3 MB	52 49 46 46	Pen drive espião
Voz_001_sd.m4a	636 kB	66 74 79 70 33 67 70	Smartphone

Tabela 1. Arquivos de áudios coletado.

## 5. Softwares utilizados para manipulação e tipos de edições

As manipulações nos arquivos de áudios apresentados na Tabela 1 foram efetuadas com a utilização dos seguintes softwares:

- 4pc DJ
- Acoustica
- Adobe Audition
- Audacity
- Music Editing Master
- Nero Wave editor
- n-track studio 8
- Ocenaudio
- Praat
- Soundedit Pro
- Soundop
- Wavepad
- Waveshop
- Wavosaur

As alterações ou edições nos áudios originais foram feitas com todas as ferramentas de manipulação citadas acima e se deram da seguinte maneira: os áudios foram salvos com outro nome; foram incluídos silêncios e foram copiados e colados trechos.

## 6. Análise dos oscilogramas

Após a obtenção dos áudios, foi executada criteriosa análise gráfica em busca de pontos que proporcionassem manipulações: descontinuidades ou trechos com ruídos. As figuras a seguir apresentam os oscilogramas dos áudios originais, com detalhes de alguns pontos susceptíveis a edição. Ao serem analisadas tais figuras, é possível identificar pontos nos quais uma eventual manipulação poderia passar despercebida ou em que a descontinuidade identificada poderia ser confundida com manipulação. Contudo, registra-se também ser possível que não haja descontinuidade e, ainda assim, o áudio tenha sofrido edição.



Figura 1. Oscilograma arquivo 18011001.MP3.

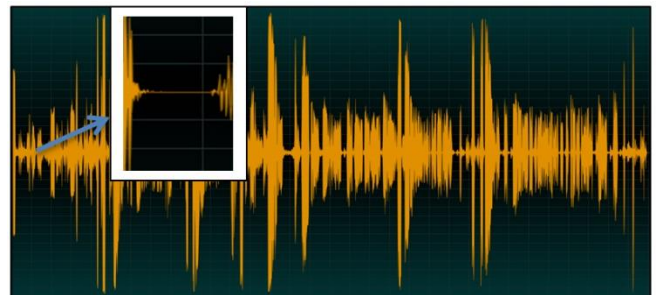


Figura 2. Oscilograma arquivo 8917032.wav.

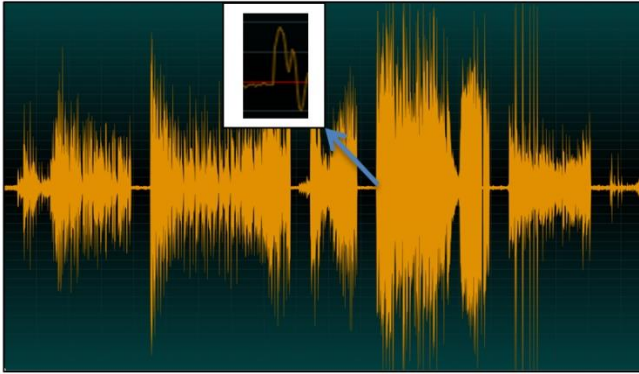


Figura 3. Oscilograma arquivo REC003.WAV.

## 7. Análise do conteúdo hexadecimal

### 7.1. Análise do conteúdo hexadecimal dos áudios originais

A análise do conteúdo hexadecimal dos áudios originais se deu no sentido de buscar marcadores, informações acerca do dispositivo de gravação, da ferramenta de edição ou qualquer outra informação que pudesse ser útil durante a análise, no sentido de caracterizar os áudios como originais. A seguir serão apresentados trechos do conteúdo hexadecimal dos áudios originais que possibilitam informações de dispositivos, fabricantes, assinaturas digitais ou softwares utilizados.

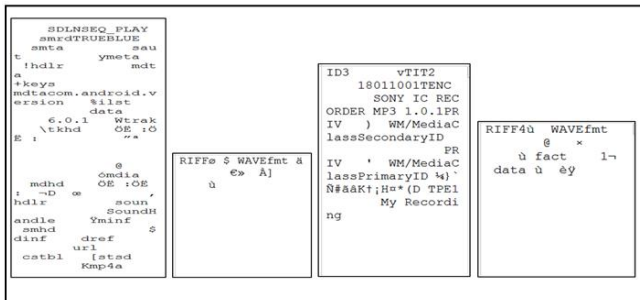


Figura 4. Informações no conteúdo hexadecimal dos arquivos Voz oo1\_sd.m4a, REC003.WAV, 8917032.wav e 18011001.MP3, respectivamente.

Como se pode observar na figura acima, cada dispositivo analisado registra informações acerca das características do equipamento e da assinatura digital do arquivo gerado. No transcorrer das meticulosas análises, destaca-se o surgimento de um elemento fundamental, o

qual figura como a descoberta mais importante desse trabalho: após serem efetuadas edição ou manipulação, são inseridos caracteres no conteúdo hexadecimal, os quais não se faziam presentes no conteúdo hexadecimal do arquivo original.

### 7.2. Análise do conteúdo hexadecimal dos áudios após edição/manipulação

Quando se fala em análise no conteúdo hexadecimal, não se está falando apenas em relação aos metadados, mas também no conteúdo como todo. Koenig e Lacey mencionam em seu artigo que os metadados podem ser alterados, contudo devem sempre ser analisados pelo especialista forense. Em tradução livre:

*Os metadados podem incluir informações sobre as configurações de gravação, data e hora, fabricante do dispositivo e sua versão de software. Embora os metadados possam ser potencialmente alterados para ocultar a adulteração dos dados de áudio contidos no arquivo, um examinador forense de áudio deve sempre revisar os metadados como parte de uma investigação de autenticidade (Koenig e Lacey, 2014).*

Cada áudio obtido foi submetido à edição/manipulação - como já informado no tópico 5 deste trabalho – por meio dos softwares editores já informados. Primeiramente, os arquivos originais foram submetidos à função “salvar como”, depois foi “silenciado trecho” e, por último, foi “inserido trecho copiado”. Esses procedimentos foram executados com todas as ferramentas apresentadas no item 5 e, posteriormente, foram comparados os conteúdos hexadecimais do arquivo editado com o do original em busca de características inseridas por cada software editor de áudio.

### 7.3. Conteúdo hexadecimal após a função “salvar como”

A Tabela 2 apresenta as modificações observadas em alguns editores de áudio no conteúdo hexadecimal do arquivo 18011001.MP3, após o arquivo ter sido apenas salvo.







n-track studio 8	Versão utilizada não suporta arquivos .wav	Versão utilizada não suporta arquivos .wav
Ocenaudi o	RIFF4ù WAVEfmt @ x ù fact 1~ data ù éÿ	S ùÿ à =< h ; ð @/ ; è e µ ·I^e e>KEP< à h< .štš e^·e "feÀ tP, / æl<ee< 4 Ÿe:~ e ·e epšee ~~~~ ð p<=ueeI^ ~~~~~@t#· e^ e< xâ0 a^ < e I ð h<ee SÈ . eeee R è e ÅÐ Hp, ^ <h ^ I /Å :eeea ùÿ
Praat	Versão utilizada não suporta arquivos .wav	Versão utilizada não suporta arquivos .wav
Wavosaur	Versão utilizada não suporta arquivos .wav	Versão utilizada não suporta arquivos .wav

Tabela 3. Cabeçalho e rodapé do conteúdo hexadecimal após salvamento dos arquivos rec003.wav e 8917032.wav.

Os editores de áudio, quando são utilizados para edição de arquivos no formato WAV, povoam o conteúdo hexadecimal daqueles arquivos com caracteres; como consequência, o tamanho do arquivo aumenta. Nas ferramentas Soundedit Pro e Wavepad, os arquivos apresentam o tamanho de até 27,1 MB, enquanto que o tamanho original dos mesmos arquivos é de 638 kB. Chamou atenção deste autor o fato de a ferramenta Soundop inserir a palavra “Junk” (traduzindo livremente: lixo) no cabeçalho do conteúdo hexadecimal ao se submeter os arquivos .WAV a edições, fato que não acontece quando os arquivos são apenas salvos.

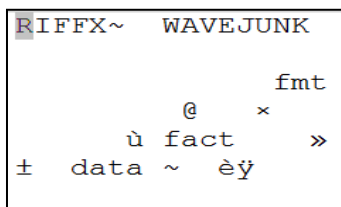


Figura 5. Cabeçalho do arquivo 8917032.wav após inserção de trecho.

Para o arquivo de áudio Voz 001\_sd.m4a, obtido por meio do smartphone Samsung, as alterações no conteúdo hexadecimal são apresentadas na Tabela 4. A grande maioria das ferramentas para edição de áudio utilizadas neste trabalho não suporta arquivos no formato MP4 ou convertem o arquivo automaticamente para outro formato. Portanto, foi possível analisar o resultado das intervenções de apenas 03 ferramentas, conforme informado na tabela a seguir:

Software Editor	Cabeçalho hexadecimal	Rodapé hexadecimal
Music Editing Master	ftypM4A i somiso2 free ~3mdatP libfaac 1.28 BUÿÿÿÿÿÿ,È p X`b* ,f0 H(" %B	SoundHandler ~minf smhd \$dinf d ref ur l fstbl W gtsd W mp4a ~D ( budta Zm eta !hdlr mdirappl -ilst %@too data Lavf54.63.104
Nero Wave editor	ftypmp42 M 4A mp42isom !>moov lmvhd ÔÐ^ ÔÐ^ - 4KÁ soun S ound Media Handle r Nminf smh d dref scdinf url at bl jstsd Zmp4a	Ó N i\$ 3=/* Å7p~ -ý p @né-iðKÖU- ÅÅ`vQÈ=8 5%šÿ,ú@ @*/T < \&-` h ½ rYm³ø.
Ocenaudio	ftypmp42 m p42isom ~free .QmdatP libfaac 1.28	4stsc - & "stco & ~*p m' ~a eb )- dz : áO W w 01 c Q SÖ IS i Eb IA Aae b, <Å ). °A ú > z' »B p- H s ctts g yñ ^fr ee

Tabela 4. Cabeçalho e rodapé do conteúdo hexadecimal após salvamento do arquivo voz 001\_sd.m4a.

#### 7.4. Conteúdo hexadecimal após a manipulação “silenciado trecho”

Nesta etapa do trabalho, os áudios foram submetidos a edições no sentido de ser silenciado determinado trecho. Após as manipulações, assim como no item anterior, o conteúdo hexadecimal foi comparado com o conteúdo dos arquivos originais. As alterações observadas hexadecimalmente nos cabeçalhos e rodapés não trouxeram novidades significativas em relação às

alterações observadas ao se salvar o arquivo (item 7.3). Entretanto, uma constatação muito importante é que, além de modificações nos cabeçalhos e rodapés, houve inserção de caracteres no corpo do conteúdo. As figuras 6 e 7 são trechos hexadecimais do arquivo MP3 silenciado.

55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU
55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55	UUUUUUUUUUUUUUUUUU

Figura 6. Caracteres presentes no trecho no qual o áudio em MP3 foi silenciado utilizando-se a ferramenta 4PcDj.

44 0B 13 1C 10 00 00 00 1F FF FF FF FF FF FF FF D	y y y y y y y y
FF FF FF A4 EE 48 EB 1B 0C 0B 1A 48 E0 5F FF FF FF	y y y a i h e h a y y y
FF FF F8 90 24 5D B3 6E 79 65 7F FF FF FE B8 B2 C8	y y e \$ j ^ n y e y y b ^ z e
CD 2D 97 B6 1A 13 7F C6 FF F7 FE AF C9 11 79 FF 49	i - q e y + b ^ e y y i
9C D5 7E CB FF FF FF FF FA A2 2E 8E AB 77 F9 19 D5	a d - e y y y y a e . z k w u o
8C 09 81 3D 00 01 64 0F FF FF FF FF FF 08 62 96 37	a e = d y y y y y b - 7
58 D7 E7 C8 2D 07 0D DE C4 95 78 A5 66 3F FF F6 0B	X * c e - p A * x f f ? y o
BD 62 66 29 24 EC 1E 40 2C DF 57 FD 40 00 04 01 FF	^ a b f \$ i e , B W y e y
FF FF FF FF FF EE 32 3C 4D 79 FF FF FF FB 30 44 FC	y y y y y i 2 < M y y y y a O d d
8C E1 2F 00 CD 18 00 00 08 1E A0 19 CF 00 00 01 06	g a / i T

Figura 7. Caracteres presentes no trecho no qual o áudio em MP3 foi silenciado utilizando-se a ferramenta Audacity.

Em relação ao mesmo processo de edição, agora em arquivos WAV, foi observada a seguinte modificação no conteúdo hexadecimal:

00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	

Figura 8. Caracteres 00 presentes no trecho no qual o áudio em WAV foi silenciado utilizando-se a ferramenta Soundedit Pro.

00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 00 00 FF FF 00 00 01 00 00 00 FF	y y y y
FF 01 00 00 00 01 00 FF FF 00 00 01 00 00 00 FF FF	y y y y y y y y
FF FF FF FF 00 00 FF FF 00 00 FF FF 00 00 01 00 00	y y y y y y y y
00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 FF FF 01 00 00 00	y y
01 00 00 00 00 00 00 00 FF FF 00 00 FF FF 00 00 00	y y y y
00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00	
00 00 00 00 00 00 FF FF 00 00 00 00 00 00 00 01	y y
00 FF FF 01 00 FF FF 00 00 00 01 00 01 00 00 00	y y y y

Figura 9. Caracteres presentes no trecho no qual o áudio em WAV foi silenciado utilizando-se a ferramenta Adobe Audition.

O arquivo MP4 manipulado possibilitou as seguintes constatações hexadecimais:

49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90 02 19 00 23 80 21	I #e! I #e!
00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90 02 19 00 23 80	I #e! I #e!
21 00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90 02 19 00 23	! I #e! I #
80 21 00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90 02 19 00	e! I #e! I
23 80 21 00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90 02 19	#e! I #e! I
00 23 80 21 00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90 02	#e! I #e! I
19 00 23 80 21 00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49 90	#e! I #e! I
02 19 00 23 80 21 00 49 90 02 19 00 23 80 21 00 49	#e! I #e! I

Figura 10. Caracteres presentes no trecho no qual o áudio em MP4 foi silenciado utilizando-se a ferramenta Music editing máster.

7.5. Conteúdo hexadecimal após a manipulação "copiado colado trecho"

Como último procedimento de edição/manipulação, foi copiado e inserido trecho nos áudios sob análise. Após esse procedimento, não foi possível identificar no corpo do conteúdo hexadecimal o local no qual foi inserido o material copiado, diferentemente do resultado da manipulação "silenciado trecho" (item 7.4). Entretanto, após criteriosa análise, foram identificados alguns detalhes que, ao serem comparados com o conteúdo original, sugerem que houve modificações naquele conteúdo, ver figuras 11 e 12 a seguir.

64 B7 63 99 53 BC 54 F1 A9 EE 7F FF FF FF FF FC	d - c * s * t n @ i y y y y y y
C3 4C D7 30 E7 FF FF B7 78 5C 3E FC 43 10 C5 3D 45	Ä L x 0 c y y > x > u C Ä = E
D1 59 A6 6B 9A A0 90 7F FF FF FF FF EA DC 39 A9 67	N Y ! k ä y y y y ü 9 o g
FF FF FF FF FF FF FF FF FF CD 6C 00 00 73 70 A2 0C	y y y y y y y y i l s p t

Figura 11. Presença sucessiva de caracteres FF os quais não estão presentes no arquivo MP3 original, foi copiado colado trecho utilizando-se a ferramenta 4PcDj.

0E 29 3C D3 86 5D 4A 8D FE 5F 97 F2 B2 BF 2E 57 CB	< ö !   J j p _ ò ^ : . W E
97 97 2F 95 FF FF FF FF FF FF FF FF CB FD 75 00 20	- / * y y y y y y y y y y y

Figura 12. Presença sucessiva de caracteres FF os quais não estão presentes no arquivo MP3, foi copiado colado trecho utilizando-se a ferramenta Wavepad.

A partir das figuras 13 e 14, que são resultados da manipulação com as ferramentas Nero Wave editor e Waveshop, respectivamente, nos arquivos WAV, se pode observar que seus conteúdos hexadecimais apresentaram sequência de caracteres que se repetiram ao longo do arquivo.

FF 14 FF 30 FF 68 FF 61 FF 5B FF 55 FF 50 FF 4B FF	y y 0 y h y a y [ y u y F y k y
90 FF 86 FF 59 FF 30 FF 46 FF 32 FF EE FE E5 FE 1E	y + y y y o y F y 2 y i b ä p
FF 61 FF 58 FF FE FE OA FF 41 FF 5F FF 68 FF 1E FF	y a y X y b b y A y y h y y
D8 FE 2A FF 4B FF 41 FF 26 FF FD FE 31 FF E6 FE 18	ø b * y k y A y e y y b l y e b
FF FD FE 26 FF E3 FE DA FE D2 FE 8F FE 62 FE AC FE	y y b e y a b ü b ø b b b - b
F2 FE A0 FE AB FE 8D FE 72 FE 7A FE 90 FE A4 FE 79	ø b b e b b b b b = a y
FE 7E FE 8D FE 76 FE 8B FE 59 FE 6D FE 98 FE 9D FE	b - b b v p < b Y b m b p b o
D5 FE DC FE E2 FE DC FE EC FE DD FE D0 FE CC FE 92	ø b ü b ä b ö b i b y b b i p b



Figura 13. Aspecto de trecho do conteúdo hexadecimal que se repete ao longo dos arquivos WAV submetidos à edição com Nero Wave Editor.

```
FF 00 00 AD FF 00 00 6B FF 00 00 A7 FF 00 00 DE FF 00 00 00 00 E8 FF 00 00 CD FF 00 00 52 FF 00 00 63 FF 00 00 33 FF 00 00 25 FF 00 00 E3 FE 00 00 07 FF 00 00 96 FF 00 00 6D 00 00 00 FC 00 00 00 4A 01 00 00 90 01 00 00 D0 01 00 00 96 01 00 00 85 01 00 00 55 01 00 00 EF 00 00 5D 00 00 00 AD FF 00 00 37 FF 00 00 F7 FE 00 00 E4 FE 00 00 F5 FE 00 00 46 FF 00 00 AC FF 00 00 EE FF 00 00 FA FF 00 00 EF FF 00 00 21
```

Figura 14. Aspecto de trecho do conteúdo hexadecimal que se repete ao longo dos arquivos WAV submetidos à edição com Waveshop.

## 8. Considerações acerca do constatado durante a análise

As análises efetuadas neste trabalho possibilitaram constatações muito importantes. Além das modificações constatadas nos cabeçalhos e rodapés dos conteúdos hexadecimais - já apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4 - foi possível observar que alguns editores de áudio promovem aumento no tamanho do arquivo editado. Ainda, durante as manipulações feitas com os softwares áudio-editores no arquivo 18011001.MP3, que foi obtido através do equipamento gravador digital Sony, constatou-se, no conteúdo hexadecimal daquele arquivo, a informação da utilização das ferramentas de codificação/recodificação de arquivos de mídia (bibliotecas de Codecs), Lav, Lame, Saur e MPE, (ver Tabela 2). Os arquivos de áudio no formato WAV obtidos pelo pen drive com gravador de voz e pela escuta telefônica apresentaram fortes modificações em seu conteúdo hexadecimal, tanto no cabeçalho e no rodapé quanto no corpo do conteúdo hexadecimal. Os áudios-editores aqui utilizados povoaram os áudios manipulados de caracteres não presentes no conteúdo original, que se repetiram por todo o arquivo. Alguns softwares não inseriram a assinatura no arquivo no formato MP3 (Acoustica; n-track studio 8; Soundedit Pro); outros converteram automaticamente o arquivo MP3 em WAV (Praat; Wavosaur), casos em que a assinatura inserida informou que o conteúdo é WAV mas a extensão do arquivo permaneceu .MP3.

No conteúdo hexadecimal do áudio obtido com o celular Samsung Galax J7 (Voz 001\_sd.m4a), é possível observar nos metadados o tipo de sistema operacional do celular bem como o nome

do fabricante do software gravador de voz utilizado. No entanto, ao se salvar o arquivo sem nenhuma alteração no conteúdo, apenas salvar, utilizando-se o software Nero Wave editor, Music Editing Master ou com Ocenaudio (das ferramentas analisadas apenas essas suportavam arquivos.m4a sem conversões automáticas), verificou-se que as informações do sistema operacional do celular e do desenvolvedor do software gravador de voz foram excluídas. Já no software Nero, foram inseridos o nome da ferramenta e a biblioteca de codec utilizadas.

Mesmo naquelas ferramentas de áudio edição que possuem a opção de não inserir marcadores e outros metadados, como o caso do Adobe Audition, é possível verificar que houve, sim, modificações no conteúdo hexadecimal. Foram observadas alterações no cabeçalho, no rodapé e no conteúdo hexadecimal, no sentido de terem sido inseridos caracteres que não estavam presentes nos áudios originais.

## 9. Conclusão

Após exaustivas e criteriosas observações, baseado no resultado das análises desenvolvidas neste trabalho, é possível afirmar categoricamente que a análise hexadecimal é um elemento que contribui para o trabalho forense em áudios digitais, fortalecendo as fundamentações do expert.

Alguns dispositivos de aquisição de áudio possuidores da função "pausar a aquisição de conteúdo" produzem descontinuidades durante períodos de silêncio. Tais descontinuidades são observadas através do oscilograma, quando a gravação é interrompida. Tal ocorrência é corriqueira, mas muitas vezes, é confundida com edição/manipulação. O presente trabalho fornece elementos que possibilitam ao expert forense descartar a tese de possível edição baseada apenas em descontinuidades encontradas no oscilograma do arquivo de voz.

Todos os editores de áudio aqui utilizados introduziram caracteres no conteúdo hexadecimal, seja no cabeçalho, no rodapé ou mesmo no corpo do conteúdo. O fato é que em todos os casos relatados foi possível verificar alguma modificação. Portanto, se pode, sim, até mesmo sem a posse dos dispositivos de obtenção

de áudio, identificar hexadecimalmente a presença de vestígios de edições/manipulações. A análise hexadecimal se confirma como mais um elemento que corrobora as conclusões das áudio-verificações periciais. Comparar o conteúdo hexadecimal do áudio questionado com o áudio produzido a partir de equipamento de origem conhecida é uma maneira eficaz de se verificar vestígios de edição no material analisado.

## Referências

- [1] Marcella, Albert J.; Frederic, Guilloso. Cyber Forensics: From Data to Digital Evidence. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.
- [2] Technical Committee, Standards Recommended, Practices and Strategies (2009): Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects. Acesso em 05 de março de 2018, disponível em: [https://www.iasa-web.org/sites/default/files/downloads/publications/TC03\\_English.pdf](https://www.iasa-web.org/sites/default/files/downloads/publications/TC03_English.pdf).
- [3] Premis Data Dictionary for Preservation Metadata, Version 3.0 (2015). Acesso em 05 de março de 2018, disponível em: <http://www.loc.gov/standards/premis/v3/premis-3-0-final.pdf>.
- [4] Casey, Mike. Gordon, Bruce. (2007). Best Practices for Audio Preservation. Acesso em 07 de março de 2018, disponível em: [http://www.dlib.indiana.edu/projects/sounddirections/papersPresent/sd\\_bp\\_07.pdf](http://www.dlib.indiana.edu/projects/sounddirections/papersPresent/sd_bp_07.pdf).
- [5] Maher, Robert C. (2015). Lending an Ear in the Courtroom: Forensic Acoustics. Acesso em 05 de março de 2018, disponível em: <http://acousticstoday.org/wp-content/uploads/2015/08/Lending-an-Ear-in-the-Courtroom-Forensic-Acoustics-Forensic-acoustics-deals-with-acquisition-analysis-and-evaluation-of-audio-recordings-to-be-used-as-evidence-in-an-official-legal-inquiry..pdf>

---

**Clauderson Marchesan Biali** é pós-graduado em Computação Forense e Perícia Digital pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação do Rio Grande do Sul (IPOG-RS), graduado em Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecânica, ambas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Atua como assistente técnico judicial e auxiliar de justiça (perito judicial) em perícias de engenharia e em perícias de informática.