

# MP3 – A REVOLUÇÃO DO MPEG 1 – LAYER III

Filipa Gonçalves (Nº 52095) e Ana Gonçalves (Nº 52188)

Instituto Superior Técnico  
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal  
E-mail: filipa\_a\_goncalves@hotmail.com, anagoncalves83@gmail.com

## RESUMO

Neste artigo tenta-se de uma forma sucinta explicar as questões técnicas mais relevantes do MP3 e mostrar o percurso desde o seu aparecimento até aos dias de hoje, bem como o impacto que teve na sociedade.

O MP3 começou a ser desenvolvido na Alemanha, no Centro de Investigação Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen, em 1987, tendo sido criado o primeiro leitor MP3 de sucesso em 1997. Em 1999 foi criado um programa de partilha de ficheiros denominado *Napster*, e neste mesmo ano surgiram os primeiros leitores MP3 portáteis.

O algoritmo implementado baseia-se essencialmente nos princípios da audição humana, tentando assim, através da exploração de efeitos como psicoacústica e mascaramento, deixar passar uma determinada quantidade de ruído que não é detectada audivelmente.

Embora tenha um enorme sucesso e um grande impacto social, o MP3 levanta várias questões legais, uma das quais se prende com o download e distribuição ilegais de música.

**Index Terms** — MP3, MPEG, Compressão, Áudio, Fraunhofer

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo pretende abordar vários aspectos associados à tecnologia do mp3, desde os princípios físicos (ao nível do sistema auditivo humano) em que foi baseada até ao impacto sociológico, passando pelos algoritmos de codificação.

O MP3 é um formato de compressão de ficheiros áudio, semelhante à compressão zip nos computadores comuns. Utiliza codificação perceptiva de áudio para comprimir som com qualidade de CD e praticamente com a mesma fidelidade.

Pretende-se assim que o leitor consiga aprofundar os seus conhecimentos sobre esta ferramenta tão presente nos dias de hoje que revolucionou o mundo digital áudio.

## 2. HISTÓRIA

Em 1987, o centro de Investigação Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen em Erlangen, na Alemanha,

começou a investigar a codificação áudio de alta qualidade a baixo débito binário, num projecto denominado “*EUREKA Project EU147, Digital Audio Broadcasting*”, com a ajuda do professor Dieter Seitzer da Universidade de Erlangen, tendo-lhes sido concedida uma patente alemã para o MP3 em 1989 [1], [2]. Todos os algoritmos foram aprovados em 1991 e finalizados em 1992 como parte do MPEG-1, que resultou na norma internacional ISO/IEC 11172-3, publicado em 1993. Mais tarde, a 7 de Julho de 1994, a Fraunhofer Society lançou o primeiro software de codificação MP3 chamado *13enc*. A extensão *.mp3* foi escolhida pela equipa do instituto Fraunhofer a 14 de Julho de 1995, que anteriormente utilizava a extensão *.bit*. A 26 de Novembro de 1996, os Estados Unidos emitiram uma patente para o MP3 [3].

O primeiro leitor MP3 de sucesso, “*AMP MP3 Playback Engine*”, foi criado por Tomislav Uzelac, investigador da Advanced Multimedia Products, em 1997. Pouco tempo depois, dois estudantes universitários, Justin Frankel e Dmitry Boldyrev, pegaram no *AMP Engine*, adicionaram-lhe uma interface para o Sistema Operativo *Windows* e deram-lhe o nome de “*Winamp*”. Em 1998, o *Winamp* foi disponibilizado gratuitamente, o que impulsionou o sucesso do MP3. Em 1999 apareceu o *Napster*, que permitiu a qualquer pessoa com ligação à Internet, encontrar e fazer o *download* de qualquer tipo de música que quisesse, em minutos. Ainda em 1999 apareceram os primeiros leitores MP3 portáteis, que permitiram que qualquer pessoa pudesse reproduzir este formato em casa, na praia, no carro ou em qualquer outro sítio [1], [2]. A partir desse momento, este formato tornou-se um fenómeno cultural, que se encontra presente em centenas de milhões de computadores e dispositivos electrónicos [4]. Com todo este sucesso, o MP3 acabou por atrair a atenção das indústrias discográficas que tentaram combater a rápida proliferação deste formato [5].

## 3. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMENTO

### 3.1. Sistema Auditivo Humano

A percepção de qualidade para o áudio depende do sistema auditivo humano (*Human Auditory System - HAS*). O

processamento HAS inclui efeitos fisiológicos e psicológicos.

O ouvido consiste em 3 secções fundamentais (Figura 1):

- Ouvido externo (1 e 2) – Direciona o som para o tímpano;
- Ouvido médio (3, 4, 5, 6 e 7) – Transforma a pressão do som em movimento mecânico;
- Ouvido interno (8 e 9) – Converte estes movimentos em excitações dos nervos que enviam sinais eléctricos para o cérebro.

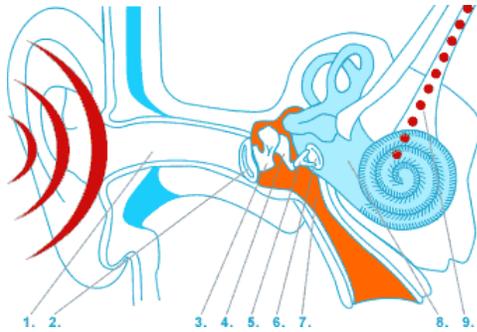


Figura 1 - Sistema Auditivo Humano.

### 3.2. Efeitos Fisiológicos

Os limiares:

- Limiar de Audição (*threshold of hearing*): Define a intensidade mínima do som para ser ouvido; este nível decresce fortemente ao longo da banda do sinal de voz.
- Limiar de Sensação (*threshold of feeling*): Define a intensidade do som a partir da qual os sons são ‘sentidos’, podendo passar a causar dor e eventualmente danos nos ouvidos. Tipicamente, o limiar de dor (*threshold of pain*) é de 120 a 140 dB; a intensidade do som é medida em termos de Nível de Pressão do Som (Sound Pressure Level) relativamente a uma referência de intensidade com 10-16 W/cm<sup>2</sup> a 1 kHz.

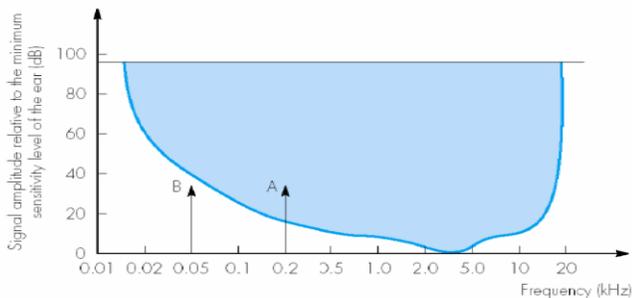


Figura 2 - Variação da Amplitude do Sinal relativamente ao Limiar de Sensibilidade com a Frequência.

O conceito de limiar de audição pode ser estendido com a produção de curvas de igual intensidade sonora (Figura 3). Estas curvas descrevem a sonoridade percebida para um som relativamente à sua intensidade real. Uma igual sensação a mais baixa frequência exige maior intensidade real.

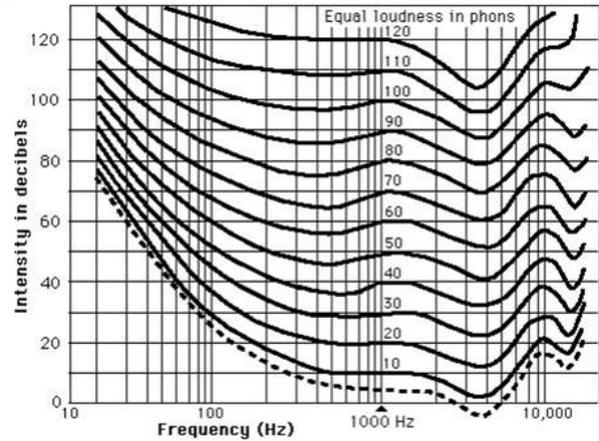


Figura 3 - Curvas de Igual Intensidade Sonora.

### 3.3. Mascaramento

O efeito de mascaramento descreve o comportamento do ouvido quando 2 ou mais sons diferentes o estimulam simultaneamente ou num curto intervalo de tempo e consiste no “apagamento” parcial ou total de algumas componentes do sinal áudio devido à proeminência de outras componentes (Figura 4).

Um som pode simplesmente “apagar” outro ou então aumentar o seu limiar de audição.

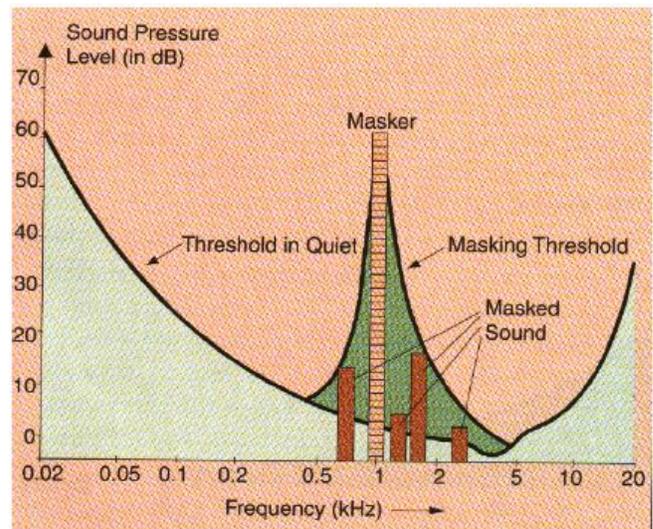


Figura 4 - Efeito de Mascaramento.

O “som máscara” depende das circunstâncias: por exemplo, ainda que numa festa se possa falar “normalmente”

com alguém, qualquer distração pode resultar no barulho de fundo a mascarar a fala do interlocutor. O efeito de mascaramento é altamente não linear e os seus efeitos são muito variados.

#### 4. IMPLEMENTAÇÃO TÉCNICA

##### 4.1. Codificação MP3

O diagrama da Figura 5 apresenta a arquitectura do processo de codificação do MP3. A entrada de áudio é transformada trama por trama em componentes espectrais — há uma transformação de tempo em frequência. No bloco híbrido de transformação, o MP3 utiliza um banco de filtros polifásicos seguido de uma DCT modificada (MDCT, Modified Discrete Cosine Transform) para melhorar a resolução espectral. O sinal de entrada áudio segue para o PAM II (Modelo Psicoacústico) para determinar o limiar da relação da energia do sinal e o mascaramento.

O débito binário de codificação é limitado pelo controlador de débito, o qual faz variar o passo de quantificação de tal maneira que quantifica os valores espectrais, e conta o número de bits do código de Huffman necessários para codificar os valores quantificados. O código de Huffman é escolhido como a ferramenta codificadora sem perdas, usando tabelas de Huffman pré-definidas. O MP3 também adapta os factores de escala para amplificar a energia da banda espectral quando o ruído de quantificação ultrapassa o limiar de mascaramento. O controlo de distorção ajusta os factores de escala de modo a controlar a qualidade. Finalmente, a informação necessária ao decodificador é adicionada ao áudio comprimido, resultando assim um conteúdo válido de MP3.

Na Figura 6 pode ver-se o ciclo do controlador de débito. Este ciclo aloca bits para cada linha espectral, através de uma quantificação contínua dos dados áudio, aplicar a codificação de Huffman e avaliar o número de bits. O desafio é encontrar um parâmetro de quantificação óptimo – ganho global – e seleccionar a tabela de Huffman apropriada. São testadas muitas iterações no processo de quantificação de modo a assegurar uma saída para a codificação de Huffman possa ser aplicada.

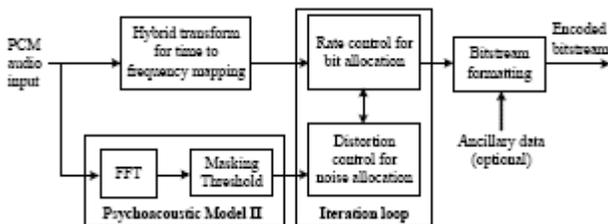


Figura 5 - Processo de Codificação MPEG [6].

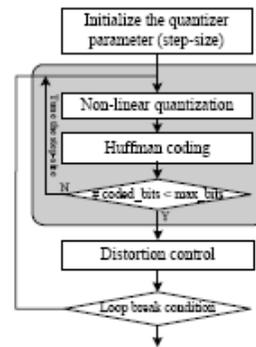


Figura 6 - Ciclo de iterações do Controlo de Débito [6].

##### 4.2. Descodificação MP3

O processo de descodificação do MP3 tem três partes principais: descodificação de sequência de bits, desquantificação e mapeamento frequência-tempo (Figura 7). A primeira parte sincroniza a sequência de bits codificada e extrai os coeficientes de frequência quantificados e qualquer outra informação sobre cada trama (Figura 8).

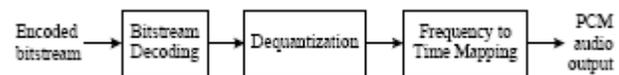


Figura 7 - Diagrama de blocos da descodificação MP3 [6].

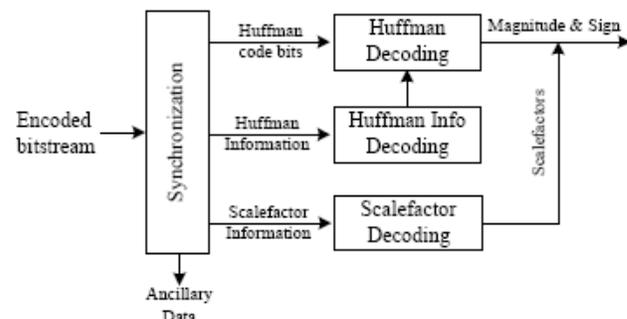


Figura 8 - Diagrama de blocos da primeira etapa da descodificação [6].

A desquantificação reconstrói os dados (perceptualmente idênticos) a partir dos coeficientes de frequência gerados pelo bloco da MDCT durante a descodificação.

A última parte abrange um conjunto de operações inversas da MDCT e a análise do banco de filtros da sub-banda, no decodificador. O mapeamento frequência-tempo constrói o sinal de saída áudio PCM a partir dos coeficientes desquantificados.

A MDCT Inversa (IMDCT) transforma os coeficientes em sinais de sub-banda no domínio do tempo. É aplicada então, a inversão na frequência, de modo a compensar a

redução do número de amostras na análise do banco de filtros da sub-banda. Após esta etapa, a síntese do banco de filtros da sub-banda é aplicada aos sinais da sub-banda para formar o sinal áudio PCM de saída.

## 5. IMPACTO SOCIOLÓGICO

A associação do formato MP3 com a Internet permitiu uma poderosa distribuição de música *online*, o que revolucionou o mundo da música [5].

Alimentado pelo crescimento explosivo da Internet tornou-se o formato mais popular de ficheiros de música, tanto legais como ilegais. Foi bem sucedido porque o consumidor pensou nele como “CDs na Internet”, ou, em muitos casos, “CDs grátis na Internet”. A procura deste formato criou um ciclo: mais produtores de conteúdo criam conteúdo no formato MP3, o que por sua vez gera um aumento na procura de software e hardware MP3 [7].

A atracção do consumidor pelo MP3 levou a indústria electrónica a criar o leitor portátil de música digital, com ele as pessoas passaram a poder localizar rapidamente a música pretendida, através da utilização de software que organiza a sua biblioteca musical e a ouvi-la onde querem: em casa, na praia, nos transportes públicos, na rua, a praticar desporto, etc. [5], [7].

A razão pela qual o MP3 se tornou o formato de áudio mais utilizado na Internet prendeu-se com o facto de os detentores da patente terem permitido, durante algum tempo, que qualquer pessoa desenvolvesse um decodificador ou reproduzidor gratuitamente. Por isso, no início, muitas pessoas desenvolveram reproduzidores e outro software que se espalhou rapidamente. Em contrapartida, muitos outros formatos de áudio digital, que são mais eficientes ou têm um som melhor que o MP3, têm restrições sobre a forma como se pode empregar a sua tecnologia [2].

Uma das vantagens do MP3 é ter uma perda insignificante de qualidade para um grande grau de compressão, permitindo o armazenamento online de “CDs” com qualidade musical, para não falar do aumento de capacidade dos discos rígidos e a sua diminuição de preço [5].

Outra vantagem deste formato é não ter segurança associada aos ficheiros, por isso milhões deles são colocados diariamente na Internet. Os ficheiros são suficientemente pequenos para serem descarregados facilmente, ou até mesmo enviados em anexo num e-mail para um amigo [2].

O impacto tecnológico do MP3 na sociedade, assemelha-se ao impacto que o rádio teve anteriormente.

## 6. QUESTÕES LEGAIS

### 6.1. *Download* ilegal

A ascensão e utilização em massa da Internet, associada à facilidade de transmissão de informações proporcionada por

este instrumento, serviu de palco ao surgimento e difusão do MP3 [8].

As vantagens de utilizar este formato de compressão de áudio eram evidentes: os ficheiros de música de CD eram comprimidos em cerca de um décimo do seu tamanho original, sem perda perceptível da qualidade de áudio, e eram facilmente enviados a alguém ou descarregados a partir da Internet [8], [9].

Depois de criado o formato MP3, faltava facilitar a busca de ficheiros. Com essa intenção, um jovem norte-americano criou o *Napster*, um programa P2P (*peer-to-peer*), que iniciou uma nova maneira de troca de ficheiros entre os próprios utilizadores. Entre os benefícios oferecidos por este *software* estava um amplo repertório, distribuído gratuitamente entre aqueles que possuíam o programa, além de ser de fácil utilização e de gerar nos utilizadores um sensação de comunidade. Esta troca de ficheiros ganhou rapidamente gigantescas proporções, sendo desta forma mais fácil partilhar e obter ficheiros de música. A primeira versão do programa ficou pronta em Junho de 1999 e agitou a rede mundial de computadores [8], [10].

Mas, tanto sucesso despertou a preocupação das editoras discográficas, que se viram roubadas no direito de cópia pelos utilizadores do programa. Os ficheiros em formato MP3, por si só, não representam violação aos direitos de autor, sendo apenas um formato de gravação de músicas que possibilita o armazenamento de um grande número de músicas utilizando pouca memória, no entanto, a transferência desses ficheiros, sem autorização dos autores das obras musicais, havendo ou não intuito comercial, constitui infracção aos direitos de autor [8], [10].

Alegando que as perdas eram grandes e as violações aos direitos do autor precisavam ser banidas, a indústria discográfica americana foi às últimas instâncias jurídicas possíveis com o *Napster* e seus administradores, e conseguiu tirá-lo do ar em Junho de 2001. No entanto, isto não fez com que a troca de ficheiros MP3 acabasse, pelo contrário, muitos outros programas semelhantes ao *Napster*, entre eles o *Morpheus*, *Gnutella*, *iMesh*, *LimeWire*, *Kazaa* e *Emule*, surgiram para dar aos utilizadores a possibilidade de partilhar música de graça pela Internet [10].

Percebendo que estavam a enfrentar uma batalha perdida, a *Recording Industry Association of America* (RIAA), procurou soluções para se adaptar à revolução. Para isso, criaram um grupo de trabalho denominado *Secure Digital Music Initiative* (SDMI), para explorar alternativas tecnológicas ao formato MP3, de modo a proteger a música *online* de duplicação ilegal e da distribuição em massa [5].

Actualmente muitas lojas de música *online* utilizam o DRM (*Digital Rights Management*), de modo a restringir a utilização de música comprada e descarregada *online*. Existem muitas opções para os consumidores comprarem música digital através da internet, entre elas encontra-se o *iTunes*, que permite que os utilizadores comprem uma música por €0,99 e o *Napster* que permite a subscrição de

um serviço em que os utilizadores podem fazer o *download* de todas as músicas que quiserem enquanto subscreverem o serviço, estando estas músicas codificadas para o *Windows Media Audio* (WMA) [3].

Desta forma tanto os utilizadores como os artistas saem beneficiados, por um lado os utilizadores podem comprar apenas as músicas que lhes interessam em vez de terem que comprar um CD, por outro lado os artistas gastam menos dinheiro a colocar as suas músicas *online* do que se recorressem a uma editora discográfica. Muitos especialistas acreditam que o facto de se ter acesso facilitado à música faz com que a pirataria se torne irrelevante; a combinação entre baixos preços e uma maior disponibilidade de ficheiros fará com que o consumidor prefira a aquisição legal em vez de uma alternativa mais barata, mas com fontes mais limitadas – pirataria de CDs.

## 6.2. Licenças e Patentes

Em Setembro de 1998, o Instituto Fraunhofer enviou uma carta a vários criadores de *software* MP3 afirmando que era necessária uma licença para distribuir e/ou vender descodificadores e/ou codificadores, e que os produtos não licenciados violavam os direitos sobre a patente do Instituto Fraunhofer e da *Thomson Consumer Electronics*, portanto para produzir, vender e/ou distribuir produtos que utilizassem o MPEG *Layer-3* seria necessário obter uma licença. A *Thomson Consumer Electronics* é a entidade que controla o licenciamento da patente do MPEG-1/2 *Layer 3* em muitos países, incluindo os Estados Unidos, Japão, Canadá e alguns países da União Europeia.

Estas questões da patente abrandaram significativamente o desenvolvimento de *software* MP3 sem licenciamento, o que levou à criação de novas alternativas, tais como *Vorbis*, AAC e WMA.

Apesar das restrições colocadas em relação às patentes, o formato MP3 continua a ser o preferido por muitas razões:

- Familiaridade com o formato;
- A grande quantidade de música disponível no formato MP3;
- A grande variedade de software e hardware que utiliza o formato MP3;
- A fraca restrição do DRM, o que torna fácil editar, copiar e distribuir ficheiros MP3;
- A maioria dos utilizadores domésticos não sabem ou não se importam com a polémica em torno das patentes, que muitas vezes não têm em consideração estas questões jurídicas na escolha do seu formato musical para uso pessoal [3].

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] <http://inventors.about.com/od/mstartinventions/a/MPThree.htm>
- [2] <http://www.webmonkey.com/00/31/index3a.html>
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Mp3>
- [4] <http://www.mp3licensing.com/mp3/history.html>

- [5] M. McCandless, “The MP3 Revolution”, *IEEE Intelligent Systems*, pp. 8-9, May/June 1999.
- [6] C.H. Yen, Y.S. Lin, B.F. Wu, “A Low-complexity MP3 Algorithm that Uses a New Rate Control and a Fast Dequantization”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 51 N° 2, pp. 571-579, May 2005.
- [7] B. Ponce, “The Impact of MP3 and the Future of Digital Entertainment Products”, *IEEE Communications Magazine*, pp. 68-70, Sept 1999.
- [8] “Coleção de Caderno de Políticas Culturais”, Brasília 2006.
- [9] Oliveira, Pedro Miguel, “Uma Revolução Chamada MP3”, *Exame Informática*, pp. 10-13, Agosto 2005, Ed. 122.
- [10] Monteiro, Márcio, “Músicas Compartilháveis: um olhar sobre a Propriedade Intelectual em tempos de Internet”, Universidade Federal de Pernambuco.