



Guia visual

LUFScale para Windows - versão 2.2.3

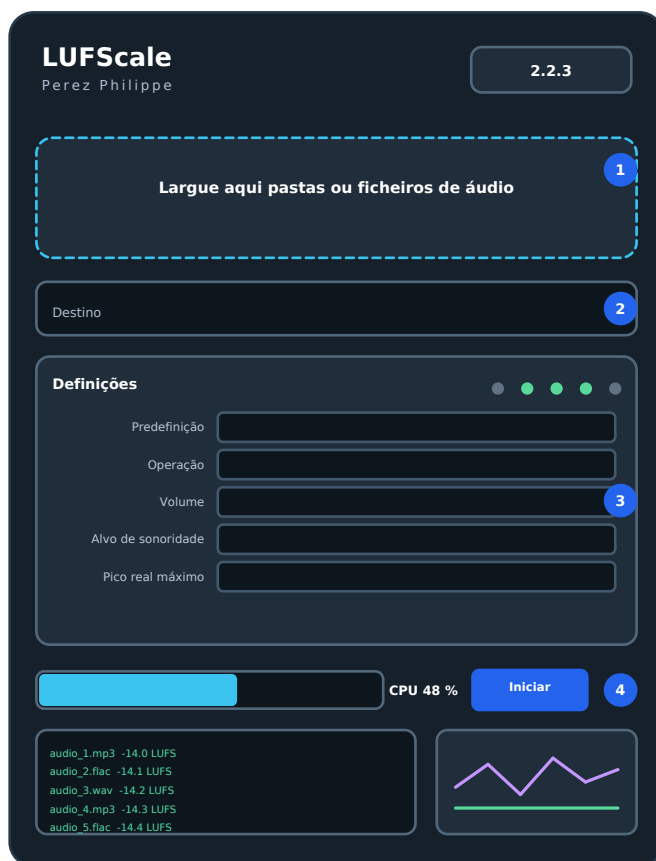
Início rápido

Para que serve o LUFScale?

O LUFScale mede a sonoridade dos ficheiros e, com Normalizar, ajusta fisicamente o volume percebido para um alvo LUFS, controlando o pico verdadeiro. Cada fonte é analisada em toda a sua duração; a saída é depois novamente medida e verificada. O resultado não depende de etiquetas nem de um leitor compatível: os níveis ficam mais coerentes entre ficheiros, os desvios são assinalados e os originais permanecem intactos.

Software livre e redistribuição

O LUFScale é software livre distribuído sob GNU GPL-3.0-or-later. Esta licença permite utilização, estudo, modificação e redistribuição segundo os seus termos. A distribuição inclui fontes, avisos e licenças de terceiros. O software é fornecido sem garantia.



Adicionar ficheiros de áudio

Adicione ficheiros ou pastas de áudio.

Destino

Escolha a pasta de destino.

Definições

Escolha um perfil e uma operação.

Iniciar

Inicie e acompanhe o progresso.

Principais funcionalidades

- Normalização real, ReplayGain ou análise de MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG e Opus.
- Cada ficheiro é medido e tratado separadamente para o alvo escolhido.
- Estrutura, metadados e capas compatíveis são preservados; os originais não mudam.
- Paralelismo Auto, cache, retoma, controlo de qualidade, CSV, progresso, CPU e históricos LUFS.
- Interface e guias PDF em 12 idiomas.

Definições - Áudio / Opções

Principais funcionalidades

Formatos abrangidos

O LUFSscale suporta MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG e Opus. A medição de sonoridade, o alvo LUFS, o limite True Peak no modo Normalizar, os ajustes e o controlo de qualidade abrangem os formatos compatíveis, não apenas MP3. O codec e algumas correções dependem do formato de saída. Os exemplos MP3 ilustram um caso particular, não uma limitação das funções gerais.

Predefinição

Aplica de uma vez um alvo de sonoridade, um pico real máximo e uma qualidade MP3 coerentes. Qualquer alteração manual seleciona Personalizado.

Tratamento por ficheiro

Cada ficheiro recebe medição e ganho próprios para se aproximar do alvo LUFS sob o limite True Peak.

ITU-R BS.1770

O LUFSscale utiliza automaticamente a medição histórica completa, o único método validado no corpus de referência.

Operação

Uniformizar altera o áudio para o alvo. ReplayGain copia o fluxo e adiciona etiquetas. Apenas analisar mede sem criar áudio.

Volume

Esta definição é um atalho para o alvo de sonoridade; não altera o volume de audição do sistema.

- Suave: -18 LUFS - nível mais calmo, maior margem dinâmica e menor probabilidade de acionar o limitador.
- Normal: -16 LUFS - compromisso equilibrado e bom ponto de partida para uma biblioteca pessoal.
- Forte: -14 LUFS - reprodução mais presente, próxima do alvo Normal do Spotify, mas com maior probabilidade de exigir limitação.
- Personalizado - permite introduzir diretamente outro alvo LUFS.

São escolhas práticas, não uma norma universal.

Alvo de sonoridade

O alvo de sonoridade é a sonoridade integrada pretendida para toda a faixa, expressa em LUFS. Um valor menos negativo produz um ficheiro mais alto: -14 LUFS é mais alto do que -16 LUFS. Uma diferença de 2 LU corresponde aproximadamente a 2 dB de nível antes de eventual limitação de pico.

Referências: -18 LUFS para um resultado mais calmo e dinâmico; -16 LUFS para equilíbrio geral; -14 LUFS para um resultado mais alto de tipo streaming. As plataformas podem depois aplicar a sua própria normalização de reprodução.

Este alvo não achata por si só a dinâmica interna da faixa. Se o pico verdadeiro máximo impedir que o alvo seja atingido sem saturação, o resultado pode ficar ligeiramente mais baixo.

Pico real máximo

O pico verdadeiro máximo é um limite, não um nível a atingir. Limita em dBTP os picos mais altos da forma de onda reconstruída, incluindo os que surgem entre amostras, para reduzir a saturação após codificação ou transcodificação.

- -1,0 dBTP - limite de entrega comum, com o pico de saída mais alto.
- -1,5 dBTP - valor predefinido e compromisso prudente para MP3.
- -2,0 dBTP - margem adicional, útil se o ficheiro puder ser novamente codificado ou com um alvo de sonoridade alto.
- 0 dBTP - sem margem; não recomendado para MP3.

Um valor mais negativo é mais seguro, mas pode impedir faixas muito dinâmicas de atingirem exatamente o alvo LUFS.

O limite True Peak aplica-se a todos os formatos ao normalizar. Os exemplos MP3 também explicam precauções para M4A/AAC, OGG/Vorbis e Opus. A margem interna adicional de 1 dB do anexo é específica das saídas MP3 com processamento dinâmico.

Definições - Áudio / Opções

Principais funcionalidades

Qualidade de áudio

Regula o compromisso entre qualidade e tamanho dos formatos comprimidos. Quanto menor for o número, maiores serão a qualidade e o débito. Esta definição não altera o alvo LUFS nem o pico verdadeiro máximo.

- 0 - qualidade máxima, recomendada para preservar os detalhes.
- 1 a 2 - qualidade muito alta.
- 3 a 4 - bom compromisso qualidade/tamanho.
- 5 a 9 - ficheiros menores, com mais perdas.

FLAC permanece sem perdas qualquer que seja o valor. WAV e AIFF ignoram esta definição e conservam a frequência e a profundidade PCM compatíveis com a origem. Para MP3, M4A, OGG e Opus, um valor baixo pode exigir um débito superior ao original e criar um ficheiro maior. Um valor mais alto costuma reduzir o tamanho, sem garantir o mesmo número de bytes porque estes codificadores usam frequentemente VBR. Recodificar um formato com perdas não recupera informação já perdida.

Processos paralelos

Determina quantos ficheiros podem ser processados simultaneamente.

- Auto começa com no máximo 4 tarefas. Quando a medição da CPU está disponível, verifica-a a cada segundo: adiciona uma tarefa abaixo de 70% de utilização e retira uma acima de 92%.
- Auto nunca excede o número de processadores lógicos detetados e tem um limite absoluto de 16 tarefas.
- Se a medição da CPU não estiver disponível, Auto utiliza diretamente esse limite detetado, sem adaptação dinâmica.
- Um valor numérico fixa o número máximo de tarefas simultâneas; não é um objetivo de utilização da CPU.

Mais tarefas podem acelerar um lote grande, mas aumentam a carga, a temperatura e a atividade do disco. Prima - até aparecer Auto.

Substituir ficheiros existentes

Permite substituir um MP3 já existente no destino. Os ficheiros de origem nunca são substituídos.

Retomar após uma interrupção

Os ficheiros já concluídos com as mesmas definições são reconhecidos e não são processados novamente.

Controlo de qualidade automático

O controlo de qualidade abrange todos os formatos compatíveis. M4A, OGG e Opus também são verificados, mas não usam os ciclos corretivos próprios do MP3 dinâmico ou de FLAC/WAV/AIFF. Em ReplayGain, verificam-se a preservação do sinal e as etiquetas, não uma normalização física do áudio.

Com controlo de qualidade, um MP3 dinâmico pode ser recalculado até três vezes. FLAC/WAV/AIFF podem receber até duas correções. Cada tentativa é medida novamente e conserva-se a melhor saída.

Sem QC não se declara conformidade nem se inicia nova tentativa corretiva. A saída uniformizada é novamente medida para o registo e o CSV. Apenas analisar não cria saída nem realiza QC de saída.

Criar um relatório CSV

Cria apenas um relatório CSV com medições, tempos e alertas; não adiciona JSON de diagnóstico.

Iniciar automaticamente após arrastar ou colar

Inicia automaticamente o processamento após adicionar origens por arrastar e largar ou colar, se já tiver sido escolhido um destino.

Não recodificar ficheiros já conformes

Após a análise, um ficheiro a $\pm 0,10$ LU do alvo e abaixo do limite True Peak é copiado sem recodificação.

O que acontece durante o processamento

O LUFScale utiliza automaticamente a medição histórica completa, o único método validado no corpus de referência.



Processos paralelos

Determina quantos ficheiros podem ser processados simultaneamente.

- Auto começa com no máximo 4 tarefas. Quando a medição da CPU está disponível, verifica-a a cada segundo: adiciona uma tarefa abaixo de 70% de utilização e retira uma acima de 92%.
- Auto nunca excede o número de processadores lógicos detetados e tem um limite absoluto de 16 tarefas.
- Se a medição da CPU não estiver disponível, Auto utiliza diretamente esse limite detetado, sem adaptação dinâmica.
- Um valor numérico fixa o número máximo de tarefas simultâneas; não é um objetivo de utilização da CPU.

Mais tarefas podem acelerar um lote grande, mas aumentam a carga, a temperatura e a atividade do disco. Prima - até aparecer Auto.

Utilização total do processador do sistema, atualizada a cada segundo durante o processamento.

Analisar

Apenas analisar mede de novo cada origem completa com FFmpeg em cada execução. Antes e o progresso avançam ficheiro a ficheiro, sem saída nem QC de saída.

Retomar após uma interrupção

Os ficheiros já concluídos com as mesmas definições são reconhecidos e não são processados novamente.

Controlo de qualidade automático

O controlo de qualidade abrange todos os formatos compatíveis. M4A, OGG e Opus também são verificados, mas não usam os ciclos corretivos próprios do MP3 dinâmico ou de FLAC/WAV/AIFF. Em ReplayGain, verificam-se a preservação do sinal e as etiquetas, não uma normalização física do áudio.

Com controlo de qualidade, um MP3 dinâmico pode ser recalculado até três vezes. FLAC/WAV/AIFF podem receber até duas correções. Cada tentativa é medida novamente e conserva-se a melhor saída.

Sem QC não se declara conformidade nem se inicia nova tentativa corretiva. A saída uniformizada é novamente medida para o registo e o CSV. Apenas analisar não cria saída nem realiza QC de saída.

Evolução da sonoridade

Cada ficheiro acrescenta um ponto à direita. Antes mostra sempre a origem medida. Com Uniformizar, Depois mostra a saída realmente medida de novo. Com ReplayGain, o segundo gráfico tracejado estima a reprodução: sonoridade da origem mais ganho Track guardado. O sinal $\approx$ e a nota Leitor compatível indicam que não é uma medição física do ficheiro entregue. Um leitor incompatível mantém o nível original; um compatível pode alterar o resultado pelo pré-amplificador ou proteção contra recorte. Os gráficos mantêm a mesma escala fixa ± 6 LU. Apenas analisar não tem saída Depois.

Apenas análise

Em Apenas analisar, o gráfico Antes, o registo e a barra avançam ficheiro a ficheiro após cada medição; Depois permanece imóvel.

O que acontece durante o processamento

O LUFScale utiliza automaticamente a medição histórica completa, o único método validado no corpus de referência.

Registo de processamento

Cada linha corresponde a um ficheiro ou a uma etapa geral.

- Uma linha bem-sucedida começa diretamente pelo nome do ficheiro; SUCESSO deixa de ser repetido.
- CONFORME, RETOMADO, IGNORADO, CANCELADO e ERRO permanecem quando acrescentam informação útil.
- Os níveis mostram entrada -> saída novamente medida e depois o eventual resultado do controlo de qualidade.
- Alertas e Erros abrem listas separadas com nome, caminho e detalhe. Estão disponíveis durante uma pausa ou no fim, e cada lista pode ser guardada.

Cores: verde = sucesso; laranja = alerta; vermelho = ficheiro não concluído; violeta azulado = retomado; cinzento = informação, item ignorado ou cancelamento.

ALERTA QC - sonoridade significa que a saída medida difere do valor esperado mais de $\pm 0,60$ LU. Um valor mais negativo é mais baixo; um menos negativo é mais alto. O desvio é a diferença absoluta: -14,69 em vez de -14,00 corresponde a 0,69 LU. O ficheiro é criado na mesma; não é uma falha de conversão. Se o resultado for aceitável ao ouvir, não é obrigatório agir. Para um alvo rigoroso, consulte o detalhe e o CSV e verifique o alvo e o limite True Peak antes de repetir. A mensagem, por si só, não prova se a causa é o limite, o codificador ou um limite de correção.

ALERTA QC - pico significa que o pico verdadeiro medido excede o limite escolhido em mais de 0,25 dB. O ficheiro é criado na mesma. Se persistir, escolha um alvo LUFS mais baixo ou um limite mais prudente, por exemplo -2,0 dBTP, e repita.

Os tempos acumulados somam o trabalho de todas as tarefas paralelas. O tempo total é a duração realmente decorrida.

Em ReplayGain, o registo mostra a sonoridade física inalterada, o ganho escrito nos metadados e o alvo configurado. Com o controlo de qualidade ativo, «áudio inalterado e etiquetas verificadas» significa que sonoridade e pico foram comparados com a origem e que as etiquetas foram relidas; não significa que o ficheiro meça fisicamente o alvo.

Tempo total estimado: a calcular...

Tempo total estimado: 12 min - fim por volta das 14:30. «12 min» é a duração total estimada e «14:30» a hora prevista de fim. Se ultrapassar a meia-noite, o número de dias é acrescentado automaticamente antes da hora, por exemplo «2 d. 14:30».

Legenda de cores do registo de processamento

SUCESSO	Processamento concluído sem anomalias detetadas.
CONFORME	Cópia de áudio inalterada: a fonte já respeitava o alvo e o limite de pico.
AVISO	A saída existe, mas uma medição excede a tolerância prevista.
CANCELADO	O processamento foi interrompido voluntariamente; não é um erro.
ERRO	Não foi possível concluir o ficheiro afetado.

Definições aconselhadas e referências

Predefinição	Alvo de sonoridade	Pico real máximo	Qualidade de áudio
Biblioteca musical - recomendado	-16 LUFS	-1.5 dBTP	0
Streaming mais presente	-14 LUFS	-1 dBTP	0
Música dinâmica	-18 LUFS	-2 dBTP	0

Estas predefinições são escolhas práticas da aplicação, não normas universais.

Três verificações úteis

Sem processamento

Verifique se estão selecionados pelo menos uma fonte de áudio compatível e um destino diferente.

FFmpeg não encontrado

Execute novamente o criador da aplicação ou instale o FFmpeg e reinicie.

Avisos de pico

Escolha um limite de pico real mais negativo ou um alvo de sonoridade mais baixo e processe novamente o ficheiro.

Referências técnicas oficiais

Filtros FFmpeg - loudnorm / ebur128:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-filters.html>

Codecs FFmpeg - libmp3lame e codificadores de áudio:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-codecs.html>

ITU-R BS.1770-5 (11/2023), sonoridade de programa e pico verdadeiro:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1770-5-202311-I/en>

EBU R 128 v5.0 (21/11/2023):
<https://tech.ebu.ch/publications/r128>

Especificação ReplayGain original:
https://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Original_ReplayGain_specification

Anexo técnico

Os ficheiros de origem nunca são movidos nem alterados.

Operação

Uniformizar trata cada ficheiro separadamente e volta a medir a saída. ReplayGain não altera amostras. Apenas analisar produz medições e um CSV opcional, mas nenhum áudio.

Com o controlo de qualidade ativo, o ReplayGain volta a medir o ficheiro entregue para confirmar que a sonoridade física e o pico ficaram inalterados e depois verifica as etiquetas Track. Um resultado positivo confirma áudio preservado e etiquetas presentes, não que o alvo físico tenha sido atingido.

Sem QC não se declara conformidade nem se inicia nova tentativa corretiva. A saída uniformizada é novamente medida para o registo e o CSV. Apenas analisar não cria saída nem realiza QC de saída.

ITU-R BS.1770

O FFmpeg loudnorm mede a sonoridade integrada I, a gama LRA, o limiar e o pico verdadeiro TP segundo a ITU-R BS.1770.

Análise de referência

O LUFScale utiliza automaticamente a medição histórica completa, o único método validado no corpus de referência.

Tratamento por ficheiro

Cada ficheiro recebe medição e ganho próprios para se aproximar do alvo LUFS sob o limite True Peak.

Apenas MP3: processamento dinâmico

Um MP3 não elegível para o percurso linear recebe um alvo interno de pico verdadeiro 1,00 dB inferior, nunca abaixo de -9 dBTP. O alvo pedido mantém-se como referência do utilizador e do QC.

Qualidade de áudio

MP3 usa LAME, M4A o AAC do FFmpeg, OGG Vorbis e Opus libopus. FLAC permanece sem perdas; WAV/AIFF mantém PCM compatível com a origem.

Não recodificar ficheiros já conformes

Após a análise, um ficheiro a $\pm 0,10$ LU do alvo e abaixo do limite True Peak é copiado sem recodificação.

Controlo de qualidade automático

O controlo de qualidade abrange todos os formatos compatíveis. M4A, OGG e Opus também são verificados, mas não usam os ciclos corretivos próprios do MP3 dinâmico ou de FLAC/WAV/AIFF. Em ReplayGain, verificam-se a preservação do sinal e as etiquetas, não uma normalização física do áudio.

Com controlo de qualidade, um MP3 dinâmico pode ser recalculado até três vezes. FLAC/WAV/AIFF podem receber até duas correções. Cada tentativa é medida novamente e conserva-se a melhor saída.

Processos paralelos

As tarefas FFmpeg trabalham em paralelo. Os tempos acumulados somam o trabalho, não o tempo real. Cache e retoma verificam origem, definições e saída; Apenas analisar ignora a cache.

Compilar para Windows

Caminhos relativos à raiz do pacote-fonte descompactado:

Windows (x64) - No Windows 10 1809 ou posterior, ou Windows 11 de 64 bits, execute:

```
.\Create_Offline_Installer_Windows.cmd
```

Ficheiros criados:

```
dist\LUFScale-2.2.3-Setup-x64.exe
dist\LUFScale-2.2.3-Setup-x64.exe.sha256
dist\LUFScale-2.2.3-Portable-x64.exe
dist\LUFScale-2.2.3-Portable-x64.exe.sha256
```

.exe Setup (recomendado para instalar normalmente o LUFScale e utilizá-lo regularmente)
.exe Portable (sem instalação, para iniciar diretamente ou transportar para outro computador)
.sha256 (impressão digital SHA-256 do ficheiro .exe correspondente)

Anexo técnico - cálculos e fórmulas

L = LUFS, TP = dBTP, G = dB

ITU-R BS.1770

$$z_i = (1/T_g) \int x_i^2(t) dt$$
$$L_K = -0.691 + 10 \log_{10}(\sum G_i z_i)$$

As energias dos canais, ponderadas K, são combinadas para calcular a sonoridade integrada.

ITU-R BS.1770 - Limiares de medição

$$T_g = 400 \text{ ms}; \text{overlap} = 75 \%$$
$$\Gamma_a = -70 \text{ LKFS}; \Gamma_r = \Gamma_{\text{loud}} - 10 \text{ LU}$$

Os limiares absoluto e relativo selecionam os blocos usados na medição integrada.

Tratamento por ficheiro

$$G_{\text{file}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$

Cada ficheiro recebe medição e ganho próprios para se aproximar do alvo LUFS sob o limite True Peak.

Estimativa sem saída

$$G_{\text{est}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$TP_{\text{est}} = \min(TP_{\text{input}} + G_{\text{est}}, TP_{\text{limit}})$$

Apenas analisar pode estimar o resultado, mas não cria áudio nem controlo de qualidade de saída.

Não recodificar ficheiros já conformes

$$|L_{\text{in}} - T| \leq 0.10 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{in}} \leq TP_{\text{max}}$$

Após a análise, um ficheiro a ± 0.10 LU do alvo e abaixo do limite True Peak é copiado sem recodificação.

Evolução da sonoridade

$$\Delta = L - T$$
$$R_{\text{display}} = [-6, +6] \text{ LU}; \tau_{\text{QC}} = \pm 0.60 \text{ LU}$$

Antes mostra a sonoridade física. Em ReplayGain, o segundo gráfico estima a reprodução compatível a partir do ganho guardado.

Controlo de qualidade automático

$$|L_{\text{out}} - L_{\text{expected}}| > 0.60 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{out}} > TP_{\text{limit}} + 0.25 \text{ dB}$$

O controlo de qualidade abrange todos os formatos compatíveis. M4A, OGG e Opus também são verificados, mas não usam os ciclos corretivos próprios do MP3 dinâmico ou de FLAC/WAV/AIFF. Em ReplayGain, verificam-se a preservação do sinal e as etiquetas, não uma normalização física do áudio.

Com controlo de qualidade, um MP3 dinâmico pode ser recalculado até três vezes. FLAC/WAV/AIFF podem receber até duas correções. Cada tentativa é medida novamente e conserva-se a melhor saída.

Sem QC não se declara conformidade nem se inicia nova tentativa corretiva. A saída uniformizada é novamente medida para o registo e o CSV. Apenas analisar não cria saída nem realiza QC de saída.

ReplayGain - sem recodificação de áudio

$$G_{\text{tag}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$P_{\text{peak}} = 10^{TP/20}$$

ReplayGain calcula ganho e escreve `REPLAYGAIN_TRACK_GAIN/PEAK`. O fluxo é copiado sem recodificação (-c:a copy); só um leitor compatível aplica as etiquetas. LUFS e True Peak físicos não mudam.

ReplayGain é útil para uniformizar a reprodução de forma reversível e sem recodificação numa biblioteca usada com um leitor compatível. Para entregar um ficheiro que meça fisicamente o alvo em todos os leitores, use Uniformizar.

Anexo técnico - Controlo de qualidade automático

L_t = alvo LUFs; TP_{req} = limite pedido; TP_g = margem de 0,05 dB

Formatos abrangidos

As medições e os limiares abrangem os formatos compatíveis. As fórmulas de alvo interno e correção assinaladas «Apenas MP3» descrevem o ciclo MP3 dinâmico. Os limites distinguem FLAC/WAV/AIFF e não se generalizam a M4A, OGG ou Opus.

Admissibilidade linear

$$\begin{aligned}G &= L_t - I \\TP_{pred} &= TP_{in} + G \\m_{TP} &= TP_{req} - TP_{pred} \geq 0.05 \\m_{LRA} &= LRA_t - LRA_{in} \geq 0.05\end{aligned}$$

O modo linear só é usado se as margens previstas de pico verdadeiro e LRA forem ambas de pelo menos 0,05.

MP3 - Pico verdadeiro interno inicial

$$\begin{aligned}TP_{safe} &= TP_{req} - 1.00 \text{ dB} \\TP_{int,0} &= \max(-9 \text{ dBTP}, TP_{safe})\end{aligned}$$

Num MP3 dinâmico, o alvo interno começa 1,00 dB abaixo do limite pedido, com um mínimo de -9 dBTP.

Conformidade estrita

$$\begin{aligned}|L_{out} - L_t| &\leq 0.50 \text{ LU} \\TP_{out} &\leq TP_{req}\end{aligned}$$

A saída é estrita se ficar a $\pm 0,50$ LU do alvo e o pico verdadeiro não ultrapassar o limite pedido.

MP3 - Correção de pico

$$\begin{aligned}TP_g &= 0.05 \text{ dB} \\e_{TP} &= TP_{out} - (TP_{req} - TP_g) \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} - e_{TP}\end{aligned}$$

Se o pico exceder o limite, o alvo interno seguinte desce o excesso mais a margem de 0,05 dB.

MP3 - Correção de sonoridade baixa

$$\begin{aligned}r &= \min[(L_t - 0.45) - L_{out}, \\&\quad (TP_{req} - 0.05) - TP_{out}] \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} + r\end{aligned}$$

Se a sonoridade for baixa, o alvo interno sobe para $L_t - 0,45$ LU, limitado pela reserva de pico; nenhum passo inferior a 0,01 dB.

Melhor tentativa

$$\begin{aligned}p &= \max(0, TP_{out} - TP_{req}) \\e_L &= \max(0, |L_{out} - L_t| - 0.50) \\d_L &= |L_{out} - L_t| \\score &= (p > 0, e_L > 0, p, e_L, d_L)\end{aligned}$$

Entre as tentativas disponíveis, a pontuação privilegia o limite de pico, a tolerância de sonoridade e a distância absoluta ao alvo. Aplica-se às correções MP3 dinâmicas e FLAC/WAV/AIFF.

Limites de correção

$$N_{MP3} \leq 3; N_{lossless} \leq 2$$

Um MP3 dinâmico permite no máximo três tentativas; FLAC, WAV e AIFF, duas correções. O ciclo pode parar antes.

Alerta QC e alvo de nova tentativa

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_{out} - L_t \\QC_{alert} &\Leftrightarrow |\Delta L| > 0.60 \vee TP_{out} > TP_{req} + 0.25 \\strict_{OK} &\Leftrightarrow |\Delta L| \leq 0.50 \wedge TP_{out} \leq TP_{req} \\retry_{MP3} &\Leftrightarrow \neg strict_{OK} \wedge |TP_{int,n+1} - TP_{int,n}| \geq 0.01\end{aligned}$$

O QC alerta a $\pm 0,60$ LU e $+0,25$ dB; a nova tentativa visa os limites estritos com passo mínimo de 0,01 dB.