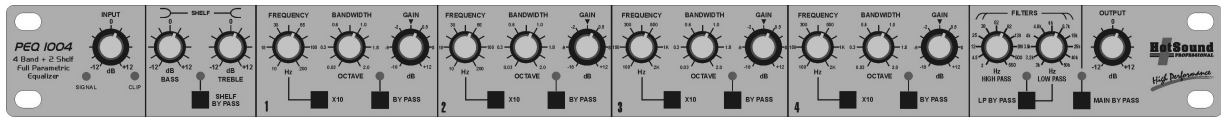


# HOTSOUND – SIGNAL PROCESSORS LINE

## PEQ1004

### 4 BAND + 2 SHELVEING FULL PARAMETRIC EQUALIZER



## MANUAL DE OPERAÇÃO

### □ INTRODUÇÃO

Parabéns pela escolha deste produto **HotSound**. Ele foi concebido com tecnologia de ponta, seguindo modernas tendências do áudio mundial e construído em design moderno, funcional e extremamente agradável. Exibe uma facilidade de operação raramente encontrada em periféricos analógicos *high-end*. Nos sentimos orgulhosos pela sua escolha e pedimos que dispense alguns minutos para a leitura deste manual e também que o use como fonte de consulta futura; procedendo assim você certamente desfrutará de todas as potencialidades deste versátil aparelho.

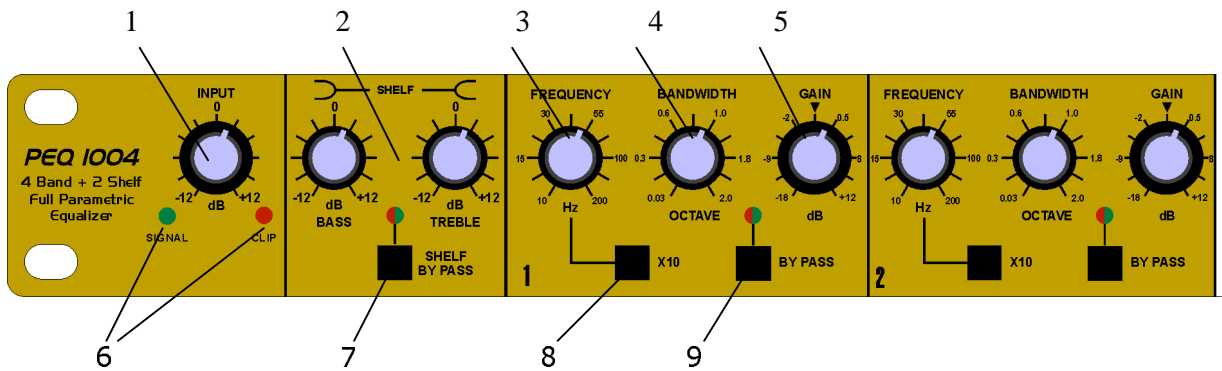
### □ APRESENTAÇÃO RÁPIDA DOS RECURSOS

O **PEQ 1004** é um *high end*, versátil e completo equalizador paramétrico. Apresenta 4 bandas totalmente configuráveis em ganho, frequência e largura de banda; um grupo de equalizadores *shelving*, um bloco de filtros *HPF* e *LPF* e ganhos de entrada e saída. Pode-se, de maneira mais exata e completa, reunir estas informações como segue:

- Quatro seções equalizadoras operando em Q-constante, de grande precisão; ganho variável entre  $-18$  e  $+12$ dB, largura de banda ajustável entre 0,03 oitava e 2 oitavas e cobertura de frequências de 10-2kHz nas duas primeiras seções e de 100-20kHz nas duas últimas. Cada seção possui sua própria tecla *bypass*;
- Graves e Agudos *Shelving*, de tipo “gordo” ou “bem incorporado”, com  $\pm 12$ dB de reforço/atenuação. Possuem sua própria tecla *bypass*;
- Filtros passa-alta (*HPF*) e passa baixa (*LPF*), com slope *Butterworth* de segunda ordem ( $12\text{dB}/8^\circ$ ), ajustáveis em larga faixa de valores. O *LPF* possui sua própria tecla *bypass*;
- *Main Bypass* do tipo *passivo*, com relês, ou seja, mesmo com o equalizador desligado o áudio direto estará presente nas saídas;
- Índices de THD+N e IMD muito baixos;
- Relação sinal/ruído de  $-116\text{dB}$  ( $1\text{dB} = 21\text{dBu}$ ), melhor que as especificações encontradas em sistemas digitais de 24 bits;
- O canal de saída possui retardo de acionamento, ao se ligar o aparelho, com a finalidade de evitar “bumps” nos falantes;
- Entradas balanceadas eletronicamente, com saídas flutuantes servo-balanceadas.

Um lay-out extremamente bem disposto e mecânica de boa qualidade são outros recursos importantes; recursos estes que passaremos a apresentar item a item.

□ PAINEL DIANTEIRO



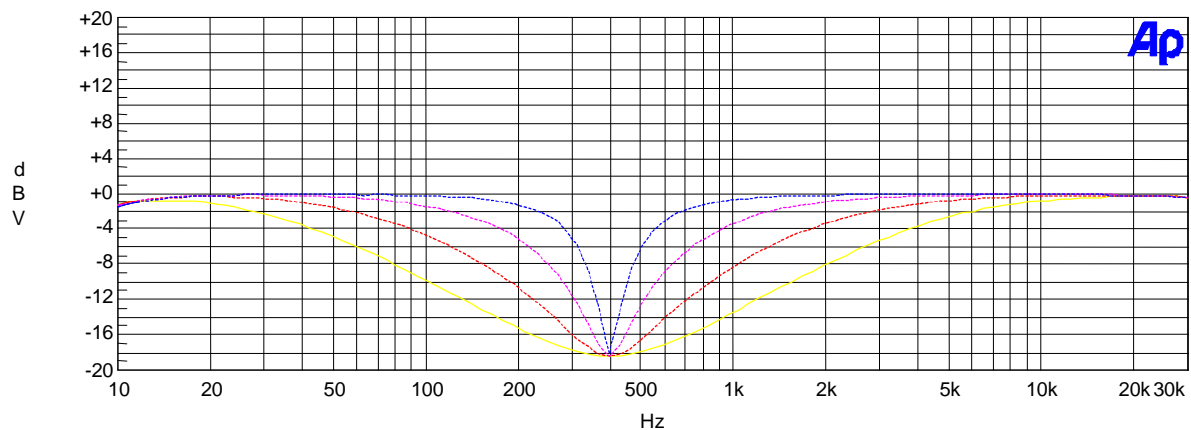
1. **GANHO DE ENTRADA:** ajustável entre  $-12$  e  $+12$ dB;
2. **GRUPO SHELIVING:** graves e agudos do tipo *shelving*, atuam nos extremos da banda; em até  $-12$  e  $+12$ dB. São centrados em  $60$ Hz e  $12$ kHz respectivamente;

Os controles 3, 4 e 5 correspondem à primeira banda de equalização paramétrica (Banda 1). Será feita uma descrição somente desta banda, visto as demais (2, 3 e 4) serem quase iguais.

3. **FREQUENCY:** controle do parâmetro *frequência*. Toda equalização feita por essa banda será centrada nessa frequência. Nas bandas 1 e 2 ele permite uma varredura de  $10$ Hz- $200$ Hz (ou  $100$ Hz- $2$ kHz acionando a tecla *x10*). Nas bandas 3 e 4 ele varre de  $100$ Hz- $2$ kHz (ou  $1$ kHz- $20$ kHz acionando a tecla *x10*);
4. **BANDWIDTH:** parâmetro *largura de banda* (ou parâmetro *Q*), calibrada em fração de oitavas. Determina a largura da banda de reforço (ou atenuação), a  $-3$ dB da amplitude máxima (ou mínima). No gráfico a seguir mostramos alguns exemplos de larguras de banda, com ganho negativo (atenuação).

HotSound

02/20/02 08:12:52



- Linha amarela: banda de 2 oitavas;  
 Linha vermelha: banda de 1 oitava;  
 Linha rosa: banda de 0,4 oitava;  
 Linha azul: banda de 0,2 oitava.

5. **GANHO:** ganho da frequência central ajustada pelo controle *Frequency*. São possíveis ganhos compreendidos entre  $-18$ dB e  $+12$ dB.

Para servir de exemplo, no gráfico a seguir mostramos alguns *sweeps*, em amplitude e em largura de banda:

HotSound

08/13/02 11:22:22

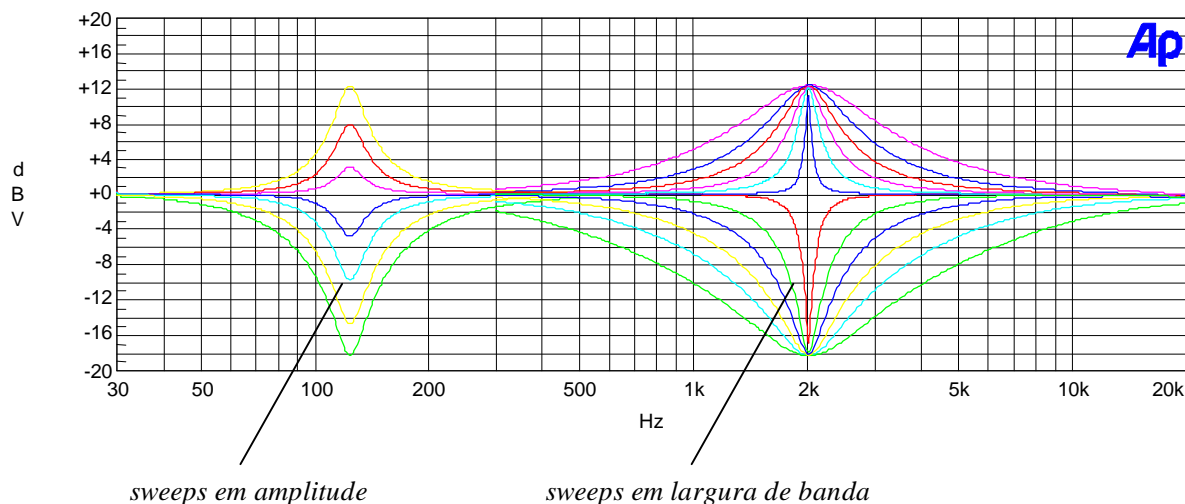
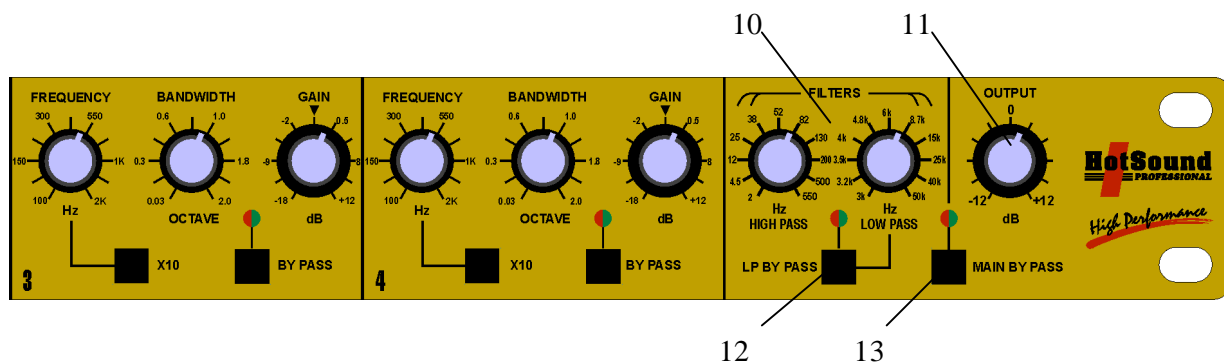


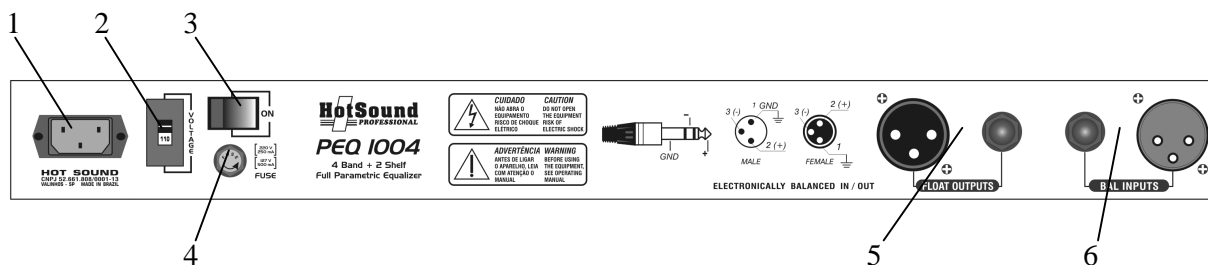
Gráfico mostrando alguns exemplos de reforços/atenuações e sweeps em largura de banda.

6. **SIGNAL/CLIP:** *signal* – indica que um sinal está presente na entrada do **PEQ1004**; *clip* – monitora todos os estágios do equalizador; se em algum deles o sinal estiver saturando ele acenderá na cor vermelha;
7. **SHELF BYPASS:** tecla *bypass* somente do grupo *shelving*. Todas as teclas **BYPASS** possuem led's bicolores, ficando verdes para funções “ativadas” e vermelho para “desativadas”;
8. **Tecla x10:** multiplica por 10 a escala de frequências do controle *Frequency*;
9. **Band BYPASS:** *bypass* somente a banda paramétrica correspondente;

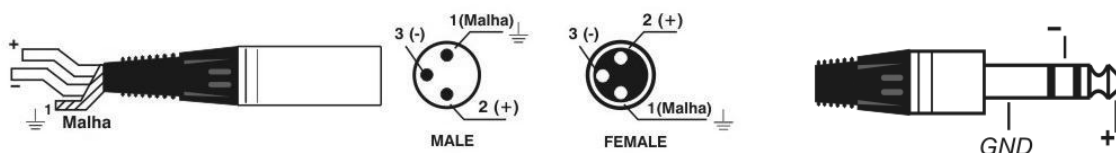


10. **HPF & LPF:** grupo de filtros passa-alta (*HPF*) e passa-baixas (*LPF*), ambos são de segunda ordem (12dB/oitava) com alinhamento *Butterworth*. O passa-baixas (*LPF*) possui tecla *bypass*, que, quando acionada, permite a que a banda passante se estenda até ~100kHz;
11. **GANHO DE SAÍDA:** ajustável entre -12 e +12dB;
12. **LP BYPASS:** *bypass* somente do *filtro passa-baixa*;
13. **MAIN BYPASS:** *bypass* geral do equalizador, com relê, permite que o áudio esteja presente nas saídas mesmo com o aparelho desligado.

## □ CONEXÕES E RECURSOS DO PAINEL TRASEIRO



1. **CONECTOR AC:** usar somente cabos compatíveis; como o que acompanha o aparelho e aterrar o pino central a uma conexão terra eficiente.
2. **CHAVE 127/230V:** chave seletora de tensão AC. O aparelho funcionará com até 30% a menos de tensão, em relação aos valores nominais, mas é sempre recomendável utilizar, se possível, um bom estabilizador de tensão e/ou supressor de ruídos;
3. **CHAVE ON/OFF** (liga/desliga): pode ser acionada mesmo com o sistema de som ligado, pois o **PEQ1004** possui delay (retardo) no acionamento da saída (lembrando que, quando desligado, será mantido na saída o sinal original presente na entrada);
4. **FUSE:** fusível de rede. Na troca manter o mesmo valor, que é de 500mA para 127V e de 250mA para 230V;
5. **OUTPUT:** Conectores de saída (XLR & ¼”). balanceados eletronicamente e flutuantes. Devido à baixa impedância de saída do aparelho eles serão capazes de alimentar praticamente qualquer equipamento. As pinagens estão de acordo com IEC/ANSI/AES standards, conforme figura:



6. **INPUT:** Conectores balanceados de entrada de sinal (XLR & ¼”). Os padrões de pinagem são os mesmos que os de saída (IEC/ANSI/AES standards). A impedância destas entradas é de 20k ohms, em conexão balanceada.

## □ PROCEDIMENTOS BÁSICOS E SUGESTÕES

Os primeiros equalizadores desenvolvidos foram os tonais, que permitiam alteração nos graves, médios e agudos, mas em frequências e largura de banda definidas por cada fabricante, para cada modelo de produto.

Seguindo a evolução vieram os equalizadores gráficos, com controles em intervalos de 1 oitava (10 bandas). Depois os equalizadores de 2/3 de oitava (15 bandas) e finalmente os equalizadores de 1/3 de oitava (31 bandas). Estes últimos (inicialmente do tipo Q-variável e posteriormente de Q-constante), sofreram alterações, onde foram incluídos eq's *shelving* (contorno), filtros passa-altas & passa-baixas, escolha do *range* de ganho e outros recursos.

Neste meio tempo foram construídos equalizadores de 1/6 de oitava (64 bandas), muito utilizados em estúdios, mas que acabaram não vingando, deixando o espaço para os de 1/3 de oitava, tão comuns atualmente.

O fato de existirem 31 bandas de frequências para ajuste, não quer dizer que todas devam ser utilizadas. Na verdade elas existem para que se tenha mais opções de escolha. Apesar de tão comum

no universo do áudio, estes equalizadores apresentam certas limitações quanto ao ajuste preciso das frequências e larguras de faixa.

Surge então o *equalizador paramétrico*, que permite a escolha da frequência, largura de faixa e amplitude. Este formato deixa todo o controle nas mãos do técnico e não nas mãos do fabricante do equipamento. As mesas de mixagem mais elaboradas (e caras) possuem, em média, quatro filtros paramétricos por canal, o mesmo recurso encontrado no **PEQ1004**.

É como se você tivesse adquirido um módulo destas fantásticas consoles, com o grande diferencial de poder escolher onde utilizá-lo. Pode-se inserí-lo em um canal específico, em um subgrupo, no master, nas saídas auxiliares ou mesmo entre equipamentos.

Se você possui uma console com poucos recursos de equalização, poderá inserí-lo nos canais que exigem equalização mais elaborada, como por exemplo em instrumentos e vozes que necessitam de muita amplificação e por isso estimulam a realimentação acústica no sistema. É muito útil também em alinhamento de P.A.'s e em equalizações artísticas. Daremos alguns exemplos de cada um destes casos.

### **Feedback (microfonia)**

Para eliminar uma realimentação acústica (microfonia) execute o seguinte procedimento:

- Escolha, entre as quatro faixas, a que mais se aproxime da frequência a ser trabalhada;
- Estreite a largura da banda;
- Reduza todo o ganho (-18dB);
- Faça varredura no espectro com o controle de frequência até que seja eliminada a realimentação;
- Aumente o ganho para o ponto em que a resposta de frequência se torne agradável, mas sem estimular a realimentação;
- Repita os dois últimos itens, estreitando cada vez mais a largura da banda e aumentando cada vez mais o ganho, não permitindo que a microfonia volte.

### **Alinhamento de sistemas**

No alinhamento do sistema de monitor ou de P.A., não existem barreiras para o ajuste. Se você possui um equalizador de 1/3 de oitava e seu sistema necessita de correção em 575 Hz, por exemplo, você terá de escolher 500 Hz ou 630 Hz e, as vezes, alterar as duas frequências. Utilizando o **PEQ1004**, pode-se eliminar ou acentuar exatamente esta frequência, não interferindo nas frequências adjacentes, além de controlar a largura desta faixa.

### **Equalização artística**

Até agora mencionou-se apenas equalização corretiva. Mas pode-se fazer também equalização artística e nesta aplicação o **PEQ1004** é sensacional. Permite deixar cada um dos quatro filtros pré-regulados, mas no modo *Bypass*. Quando for necessário um realce ou mesmo um impacto na resposta do sistema ou instrumento, vá acionando o filtro correspondente. Acrescente a esta aplicação os filtros *Hi Pass*, *Low Pass* e os *Shelving* e perceba o quanto é poderosa esta ferramenta.

Suponha que você esteja realizando sonorização para um grupo vocal ou mesmo um grande coral. Insira o **PEQ1004** no subgrupo correspondente e faça sua correção individual nos canais da console e finalmente dê um toque pessoal em todo o grupo utilizando o **PEQ1004**.

## ❑ CUIDADOS AO SE UTILIZAR O EQUALIZADOR

Não pretendemos fazer deste manual um guia de aplicações para equalizadores. Para usuários que desejam aumentar seu conhecimento a respeito das suas muitas aplicações ou para aqueles ainda iniciantes, sugerimos consultar algumas das muitas e excelentes obras disponíveis sobre o assunto.

Ao invés disso, desejamos salientar os vários perigos e restrições provenientes de uma má ou indevida utilização de equalizadores, principalmente em aplicações corretivas. Lembramos que para cada correção introduzida no áudio o equalizador cobra um preço, o qual devemos conhecer muito bem a fim de não trocar um problema por outro. Em aplicações artísticas, e/ou de estúdio, esses problemas costumam ser menores, mas é sempre bom tê-los em mente.

### O Problema da potência (Na correção de sistemas de P.A.)

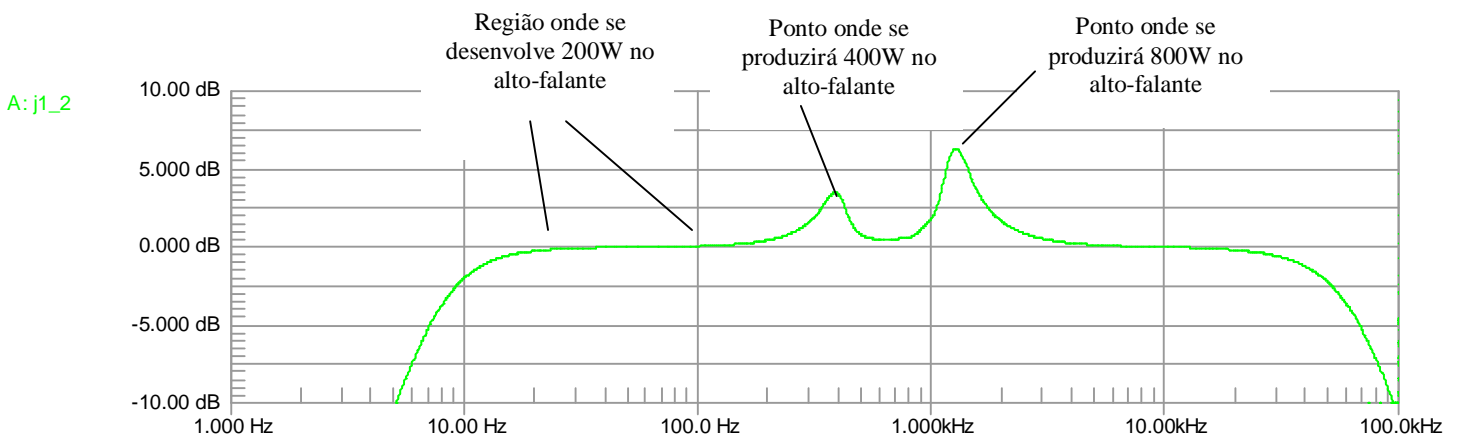
Cada vez que, através de um equalizador, introduzimos um reforço numa determinada banda, toda a cadeia de áudio que estiver após ele, e especialmente, os amplificadores e os alto-falantes, serão obrigados a lidar com esse aumento. O ponto crítico é exatamente o final da cadeia: amplificadores e alto-falantes.

Um pequeno acréscimo de 3dB em uma frequência qualquer de um equalizador, obrigará ao amplificador e ao respectivo alto-falante a amplificar e reproduzir exatamente o *dobro* da potência anterior, nessa mesma frequência. Um acréscimo de 6dB, *4 vezes* a potência, um acréscimo de 9dB, *8 vezes*, e assim sucessivamente, sempre de acordo com a relação:

$$\text{acrécimo em dB} = 10 \times \log(P_f/P_i)$$

onde  $P_f$  é a potência final após o reforço e  $P_i$  a potência inicial, sem o reforço.

Assim vemos que, se o seu sistema de amps/falantes não estiver preparado para suportar esses incrementos de potência você estará diante de uma grande dor de cabeça! Para exemplificar vamos imaginar que um amplificador está produzindo 200W num determinado alto-falante e em seguida, damos pequenos acréscimos, de 3dB em 400Hz e de 6dB em 1,4kHz através do equalizador. Observe com cuidado o gráfico resultante:



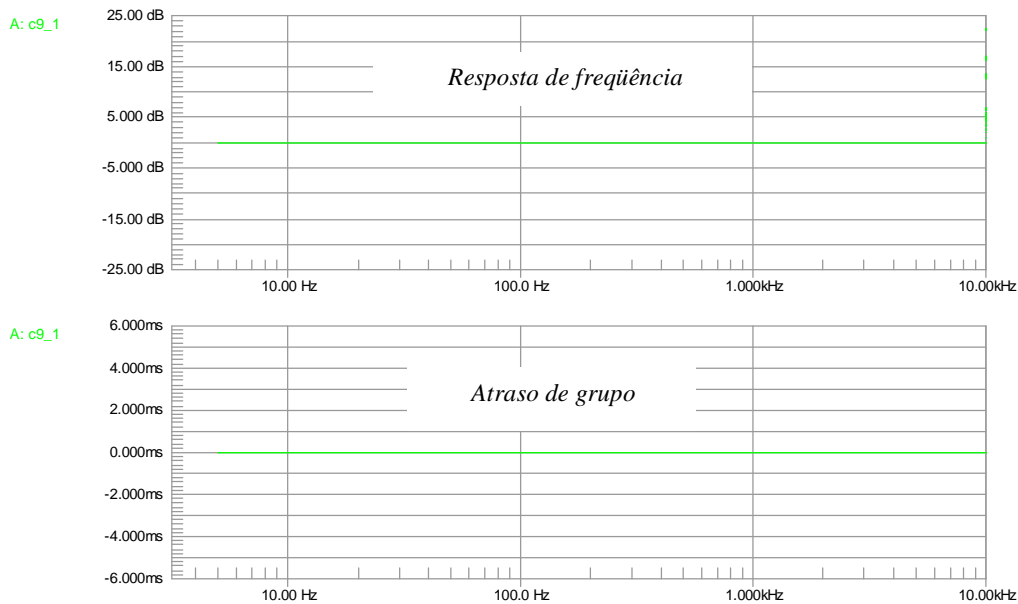
Podemos então ter uma boa idéia do risco que corremos ao fazer *reforços* indiscriminadamente. E veja que nem foram tão grandes assim. Desta maneira podemos enunciar a seguinte regra, sempre muito bem-vinda:

**Ao equalizar P.A's, procure sempre antes *atenuar*, ao invés de reforçar.**

## Atraso de grupo (Group Delay)

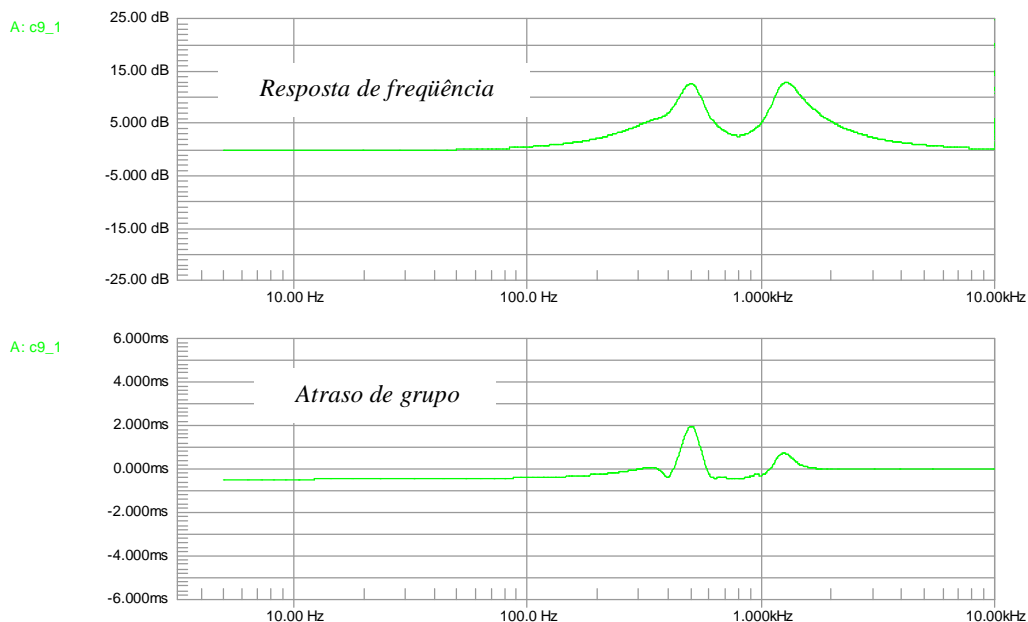
Outro problema, que sempre devemos ter em mente, é o fato de que todo filtro analógico introduz *rotação de fase* (ou atraso de fase). Isso pode ser pensado realmente como um atraso no tempo.

Assim, ao mantermos todos os ganhos em *flat* (posição central), não estaremos introduzindo nenhum atraso de fase (ou de tempo). Esse atraso de tempo que aparece em um ou mais trechos isolados do espectro de áudio é denominado *atraso de grupo* (*group delay*), ao invés de simplesmente *atraso* (diríamos atraso, ou *delay*, se todo o espectro de áudio estivesse atrasado). Vamos exemplificar observando os seguintes gráficos de resposta em frequência (amplitude  $\times$  frequência) e de atraso de grupo (atraso de grupo  $\times$  frequência) para os ganhos na posição *flat*.



Como esperávamos, a resposta em frequência se mantém plana, (nesse exemplo, até 10kHz) e nenhum atraso de grupo pode ser medido.

Agora, reforçando em 12dB duas frequências quaisquer na região dos médios, podemos ver qual é a influência no atraso de grupo:



Vê-se facilmente que nas regiões onde foram efetuadas os reforços surgem “espigões” na curva de atraso de grupo, chegando em  $2ms$  ao redor de 500Hz e em quase  $1ms$  ao redor de 1,2kHz. Além disso observa-se que esses atrasos surgem de forma abrupta na curva, que antes era plana.

As conseqüências sonoras da presença de atraso de grupo em regiões médias e médias-altas são bem conhecidas de quem presenciou o som do começo da era digital, nos primeiros CD's players, por exemplo. Estes equipamentos eram equipados com filtros analógicos de ordens elevadas e assim produziam altos valores de atraso de grupo. O resultado era um som “metálico” e extremamente desagradável. Claro que os valores de atraso de grupo eram muito maiores do que os produzidos aqui, em nosso exemplo com o equalizador, mas vale como alerta.

Estudos posteriores comprovaram que nossos ouvidos são extremamente sensíveis a pequenos valores de atraso de grupo na região ao redor dos 2kHz. Valores de cerca de  $2ms$  já são perfeitamente audíveis! Felizmente, a nossa sensibilidade aos efeitos do atraso de grupo decresce rapidamente com a diminuição e o aumento da freqüência; assim não devemos nos preocupar com as regiões abaixo de 500Hz e acima de 6kHz, pelo menos no que diz respeito ao **PEQ1004**. Porém, dentro dessa região é aconselhável equalizar com extrema parcimônia e se possível, não equalizar.

*É interessante ressaltar que essa recomendação pode não ser válida em aplicações artísticas, como timbragem de instrumentos, visto que nestas situações se buscam efeitos especiais. Assim o que é um “defeito”, no caso de correção de sistema, pode-se tornar um “efeito”, numa aplicação artística.*

### **Freqüências que não “chegam” (Sistemas de P.A.)**

Ao examinar a resposta de um sistema ao RTA, não raro encontramos “vales” estreitos em determinados pontos. Geralmente estes “vales” (buracos estreitos na curva) são causados por interferências destrutivas de ondas que estão fora de fase e que não poderão ser corrigidas via equalização. Assim, ao se deparar com este problema, recomendamos:

1. Se os “vales” não respondem a equalização, não insista, pois a causa é acústica. Procure identificar os pontos em que isso ocorre.
2. Se o(s) ponto(s) coincide(m) com a(s) freqüência(s) de crossover do sistema, então a causa é o cancelamento provocado pela não-coincidência dos falantes das vias envolvidas (desalinhamento horizontal). Sugerimos utilizar um crossover que possua recursos para proceder a correção, como o **CR2020**, por exemplo. No manual deste aparelho você encontrará orientação completa de como executá-la.
3. Se o(s) ponto(s) de cancelamento não coincide(m) com a(s) freqüência(s) de crossover, então o problema é mais complicado. Ele pode ter sido provocado por falantes ou drivers mal projetados e/ou caixas acústicas, cornetas ou plugs de fase também mal projetados. Nesse caso sugerimos não tentar equalizar, pois por mais que você “puxe” a tal freqüência, ela não virá, e você ainda corre o risco de sobrecarregar os amplificadores e os alto-falantes. O melhor nesse caso é consultar o fabricante das caixas acústicas/alto-falantes.

O problema pode também ter sido causado por uma ambiência ruim, que tenha favorecido o surgimento de pontos de interferência destrutiva (cancelamentos) em pontos fixos. Nesse caso, pode-se tentar um reposicionamento das caixas acústicas.



### **Em aplicações corretivas (P.A.) pode-se resumir os seguintes bons hábitos:**

1. Evite correções excessivas (tanto reforço como atenuação), na região compreendida entre 500Hz e 6kHz;
2. Não tente compensar os efeitos da absorção do ar (*roll-off* de altas frequências). É tentador o desejo de obter uma curva plana no RTA, mas o *roll-off* é necessário para uma audibilidade natural. Reforçar agudos para compensar a natural absorção do ar resulta em som ríspido e desagradável.
3. Em sistemas de P.A. uma resposta plana nem sempre significa som agradável. Use o RTA como guia, mas jamais seja escravo dele. Não permita que pequenas imperfeições na curva de resposta o faça quebrar as regras que enunciámos. Confie em seus ouvidos. Um som agradável não combina com uma curva de resposta artificialmente plana.

**Consulte regularmente a HotSound na web: [www.hotsound.com.br](http://www.hotsound.com.br); sempre estarão disponíveis novidades em informações técnicas.**

### **Informações Sobre a Assistência**

O equipamento deve ser enviado à Assistência Técnica Autorizada Nacional **HotSound** ou à fábrica quando sofrer:

- Mudança significativa em seu desempenho;
- Queda ou danos ao seu gabinete;
- Quedas de objetos ou líquidos em seu interior;
- Exposição à chuva.

O proprietário de qualquer equipamento **HotSound** possui os seguintes direitos com relação à rede de Assistência Técnica Autorizada.

- O cliente pode exigir protocolo de entrega do equipamento na Assistência;
- O cliente pode estabelecer prazo para que a Assistência lhe forneça o orçamento por escrito;
- O cliente pode estabelecer prazo para a remessa, por parte da **HotSound**, da(s) peça(s) solicitada(s) pela Assistência Técnica, caso esta não a possua em estoque;
- No caso da **HotSound** não possuir em estoque a peça para imediata reposição, será emitida uma notificação, por escrito, do prazo em que esta se compromete a repor a peça, podendo esta notificação ser apresentada ao cliente, mediante solicitação deste;
- O equipamento **HotSound** tem garantia de fornecimento de componentes de reposição, segundo as normas vigentes na legislação, mesmo para equipamentos fora da garantia;
- Para equipamentos fora da garantia, a **HotSound** se compromete igualmente em fornecer componentes de reposição, no mínimo pelo prazo estabelecido na legislação, independente de existir ônus por parte do usuário ou não.

### **Garantia**

A **HotSound** garante, por dois anos, contados a partir da data de compra, a qualidade e funcionamento deste equipamento, de acordo com as seguintes normas:

- A garantia só terá validade com a nota fiscal de compra e com o número de série;
- Os componentes que comprovadamente apresentarem defeitos de fabricação, serão repostos sem nenhum ônus por parte do usuário.

Se seu equipamento apresentar problemas, envie-o a uma Assistência Técnica Autorizada mais próxima de você, consultando a lista de autorizadas em nosso site [www.hotsound.com.br](http://www.hotsound.com.br)

É importante que o transporte do equipamento até a assistência técnica seja feito em sua embalagem original, acompanhado da nota fiscal correspondente.

Não serão cobertos pela garantia:

- Defeitos ou danos causados por uso indevido, alteração de componentes e manutenções realizadas por pessoas estranhas à Assistência Técnica Nacional **HotSound**;
- Danos ao acabamento externo do equipamento, nem os eventualmente ocorridos no transporte.

### PEQ 1004 – Especificações

- **Entradas:** Ativas balanceadas, impedância de 20k ohms, nível máximo +21dBu, CMRR  $\geq$  68dB @ 60Hz, faixa de correção de ganho -12dB à +12dB, conectores XLR com pino 2 *hot* por IEC/ANSI/AES standards e também conectores ¼” TRS (tip+);
- **Saídas:** Ativas flutuantes servo-balanceadas, impedância de 120 ohms, nível máximo +21dBu em 600 ohms ou mais, faixa de correção de ganho -12dB à +12dB, conectores XLR com pino 2 *hot* por IEC/ANSI/AES standards e também conectores ¼” TRS (tip+);
- **Rede equalizadora:** 4 bandas de 3 parâmetros variáveis (largura de banda, frequência central e ganho), filtros passa-banda de Q-constante (onde o Q é um dos parâmetros), largura de banda de 1/30 de oitava à 2 oitavas, varredura de frequências de 10Hz à 20kHz e faixa de ganho de +12dB à -18dB. Todas as quatro seções possuem tecla bypass individual;
- **Shelving's:** 1 par, 60Hz & 12kHz, +/- 12dB; com tecla bypass individual;
- **HPF** (*roll-off* de graves): Paramétrico, continuamente ajustável de 2Hz à 550Hz, 12dB/Oitava, alinhamento Butterworth;
- **LPF** (*roll-off* de agudos): Paramétrico, continuamente ajustável de 3kHz à 50kHz, 12dB/Oitava, alinhamento Butterworth, com tecla bypass individual;
- **Resposta de frequência:** 5Hz - 80kHz, -3dB (HPF na posição mínima e LPF em bypass);
- **THD+N:** 0,006% (+10dBu, 1kHz @ 600 ohms, 22Hz-22kHz), 0,012% (+10dBu, 5kHz @ 600 ohms, 22Hz-22kHz) condição flat;
- **SMPTE IMD:**  $\leq$  0,006% (60Hz/7kHz, 4:1, +10dBu) condição flat;
- **Relação sinal/ruído:** -116dBr @ 600 ohms, 22Hz-22kHz, não ponderado (1dBr=+21dBu), condição flat, ganho unitário;
- **Alimentação:** 127/230VAC @ 50/60Hz;
- **Potência máxima:** ~17,6 Wrms;
- **Delay de acionamento da saída:** 3-4 segundos;
- **Construção:** todo em aço;
- **Dimensões** (AxLxP;mm): 132x483x275;
- **Peso:** 4kg.

**OBS:** 0dBu = 0,775 Vrms

Todos os dados foram obtidos com o Audio Precision System One+DSP com APWIN version 2.20 for Windows.

Audio Precision®, System One+DSP™, and APWIN™ are trademarks of Audio Precision, Inc.

Windows is a trademark of Microsoft Corporation.

A **HotSound** se reserva no direito de alterar as especificações sem prévio aviso.

### Referências

1. Dennis A. Bohn, *Constant-Q Graphic Equalizers*, J. Audio Eng. Soc., vol. 34, pp. 611-626, September 1986;
2. Vance Dickason, *The Loudspeaker Design Cookbook, tradução Homero Sette Silva*, Audio Amateur Publications 1991 - H. Sheldon, Serviços de Marketing Ltda, 1995.