

Em uma de minhas participações na AES, no ano de 2000, fiz uma apresentação cujo tema principal era FASE. Entretanto, falar exclusivamente de fase me parecia sem sentido e provavelmente se tornaria entediante. Assim, tratei de desenvolver um estudo com algumas aplicações práticas, que fizessem com que o controle da fase se tornasse um recurso diferencial. Surgiu dessa forma o tema: **Como equalizar sem usar equalizadores.**

A necessidade de equalização normalmente vem de algum tipo de desequilíbrio que se quer corrigir.

Entretanto, quando usamos um equipamento eletrônico (para essa correção), inevitavelmente introduzimos ruído e distorção inerentes ao circuito daquele aparelho.

Além disso, cada filtro utilizado impõe sonoridade e características específicas ao sinal tratado.

Assim, muitas vezes o som que buscamos ou o equilíbrio que procuramos não é alcançado em sua plenitude e, então, acabamos exagerando na correção eletrônica.

Tudo isso poderia ser evitado se fizéssemos mais uso dos princípios físicos que norteiam a acústica, somados à diversidade de recursos eletrônicos e à digitalização dos sinais.

Por isso, precisamos relembrar alguns conceitos básicos que nos darão subsídios para compreendermos como **Equalizar** sem usar **Equalizador**.

Conceitos

A senóide é a representação gráfica de um movimento oscilante que gerou uma onda mecânica longitudinal transmitida por um meio elástico, através da compressão e descompressão de partes desse meio. Por exemplo: o ar.

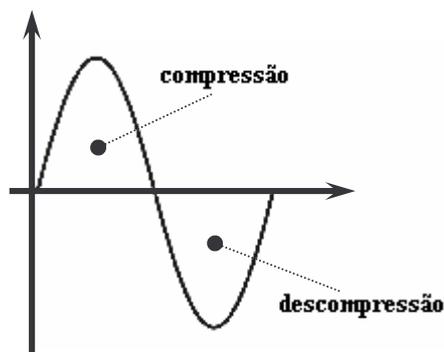


fig. 1

Como se trata de um movimento alternado - compressão seguida de descompressão - é possível definirmos um ciclo como um movimento completo da onda, sem que haja repetição.

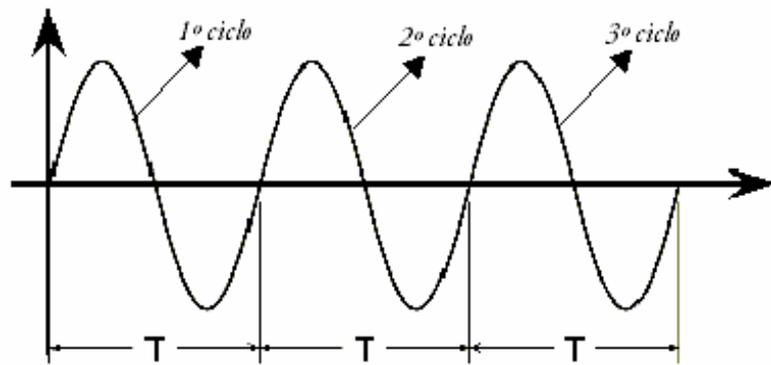


fig. 2

Admitindo-se que o ciclo se realiza em intervalos constantes de tempo, e tomando-se como base uma unidade de segundo, dizemos que o período da onda (T) é o tempo gasto para ela completar um ciclo. (fig. 2)

A quantidade de ciclos completados pela onda dentro de um segundo é o que chamamos de freqüência.

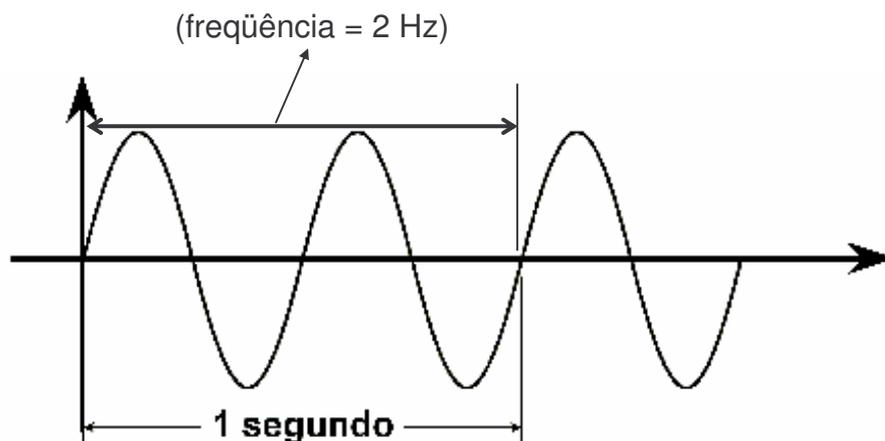


fig. 3

Portanto: $T = 1/F$

Alguns exemplos: O período da onda mais grave que somos capazes de perceber (20Hz) é de 50 ms, pois $T = 1/20 = 0,05s$ ou 50ms.

Da mesma forma o período da onda mais aguda (20KHz) é de 0,05 ms. Nos médios tons, por exemplo, o período da freqüência de 1 KHz é igual a 0,001s ou 1ms.

O importante agora é sabermos como produzir filtros acústicos. Para isso precisamos compreender os conceitos de fase e polaridade.

A polaridade pode ser analisada em relação ao primeiro movimento do primeiro ciclo da onda.

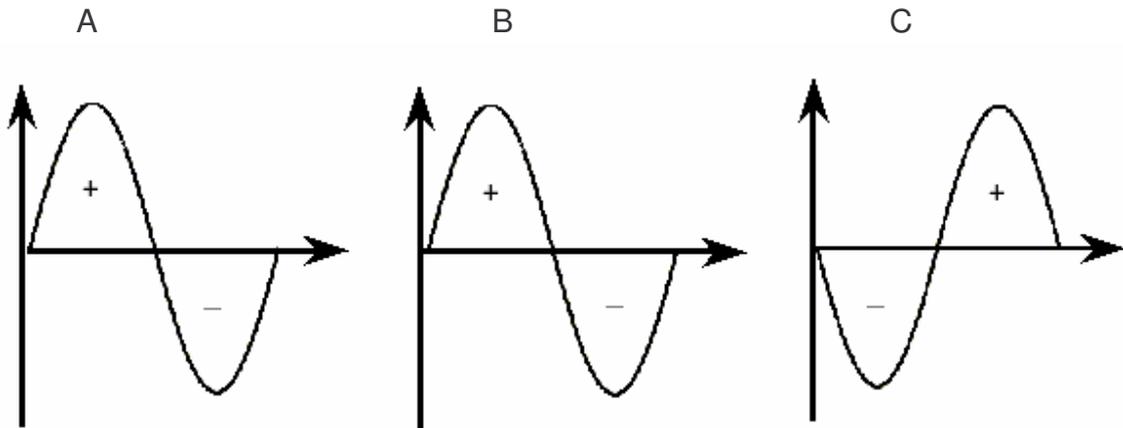


fig. 4

As ondas da figura 4 representam sinais idênticos. No caso C, a polaridade é inversa à do caso B que, por sua vez, é igual à do caso A.

Se somarmos a onda do caso C com qualquer uma das outras duas, o resultado será zero (fig. 5), pois onde uma é positiva a outra é negativa e vice-versa.

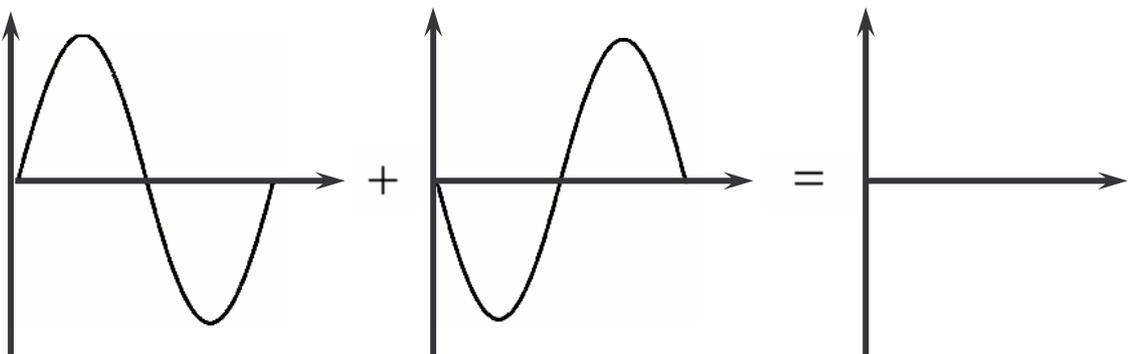


fig. 5

Note que só haverá o cancelamento total se as ondas forem idênticas e somadas a partir do mesmo instante, ou seja, em fase. Assim, o que temos na fig.5 são duas ondas em fase, mas com polaridades opostas. A defasagem tem relação direta com o tempo. Haverá defasagem quando houver atraso de tempo.

Exemplo: as ondas da figura abaixo estão defasadas pois não começam no mesmo instante e, conseqüentemente, seus picos e vales não coincidem.

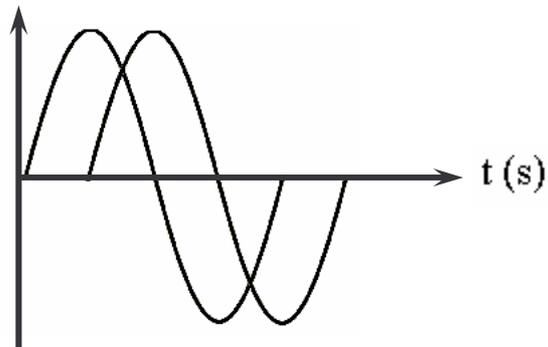


fig. 6

Para compreendermos melhor, vejamos a equação que calcula o desvio de fase: $\phi = t \cdot f \cdot 360^\circ$, onde:

ϕ = desvio de fase

t = variação de tempo ou defasagem

f = frequência

Como estamos tratando de funções senoidais, é conveniente transformarmos o atraso de tempo em ângulo de defasagem para compreendermos melhor a interação de fases.

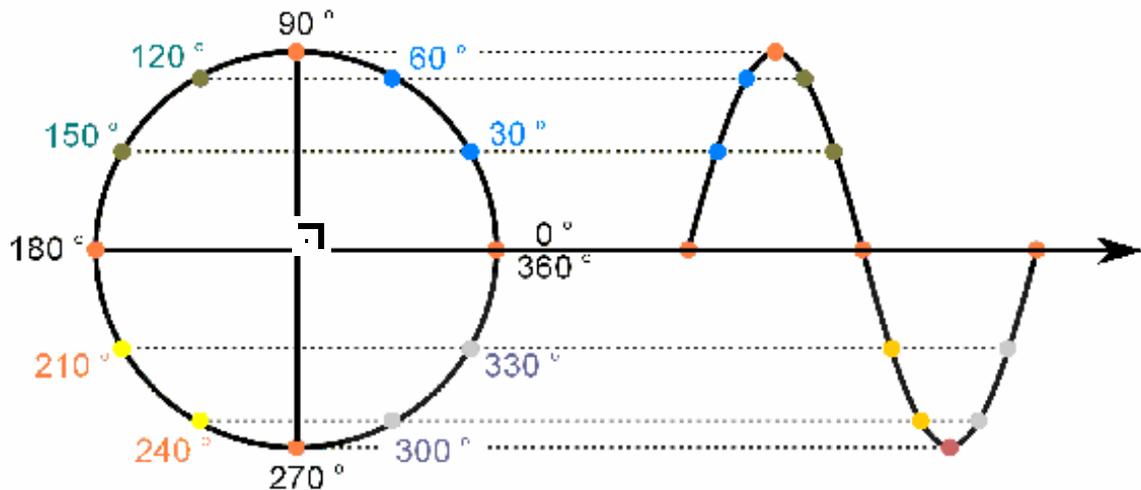


fig. 7

Na figura acima marcamos a onda senoidal com os pontos correspondentes aos principais ângulos de defasagem.

EFEITOS DA DEFASAGEM

Agora vejamos o que acontecerá com a somatória das amplitudes em cada ângulo. Admita que cada onda, representada nos gráficos a seguir, tem amplitude original igual a 1 (uma) unidade, que representaremos com a letra **U**.

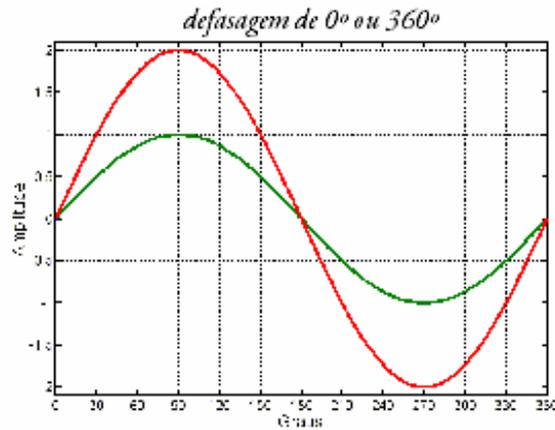


fig. 8

Quando somamos duas ondas idênticas de amplitude igual a **1U**, em fase, ou com defasagem de 360° , o resultado será uma somatória total, com amplitude resultante igual a **2U**. (fig.8).

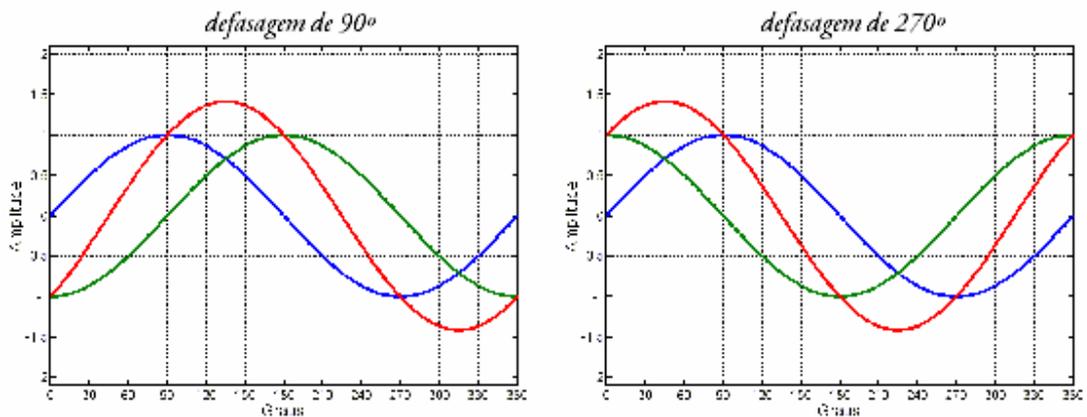


fig. 9

Mas, quando somamos duas ondas idênticas de amplitude igual a **1U**, com desvios de fase de 90° ou 270° , o resultado será uma somatória parcial, com amplitude resultante igual a **1,414U**. (Ver fig.9).

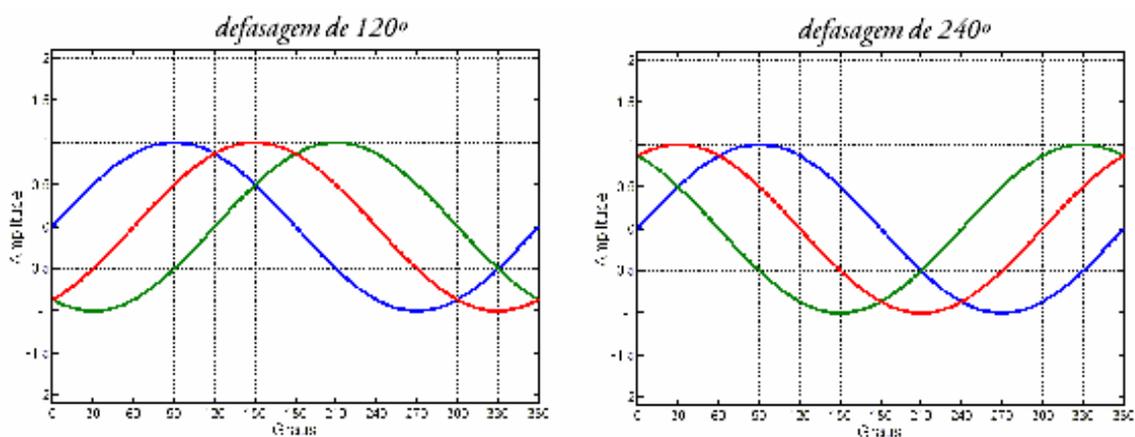


fig.10

E, quando somamos duas ondas idênticas de amplitude igual a $1U$, com desvios de fase de 120° ou 240° , o resultado será de um cancelamento parcial, com amplitude resultante igual a $1U$. (Ver fig.10).

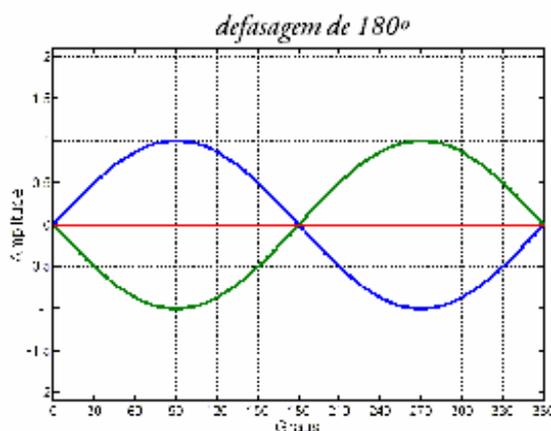


fig.11

E finalmente, quando somamos duas ondas idênticas de amplitude igual a $1U$, com desvio de fase de 180° , o resultado será um cancelamento total, com amplitude resultante igual a zero. (Ver fig.11).

Se compreendermos esses conceitos, poderemos usar a fase como filtro acústico. Quando você precisar eliminar totalmente uma frequência, basta usar o cancelamento provocado pela defasagem de 180° . Se deseja apenas atenuá-lo, diminua a intensidade de um dos sinais ao somá-los. A vantagem que existe em usarmos a defasagem para equalizar é que não introduzimos ruído ou distorção ao sistema. Além disso, um filtro "notch" acústico pode ser tão eficiente quanto o eletrônico, mas não devemos esquecer que a região destrutiva derivada da defasagem vai de 120° a 240° e portanto, interage negativamente com uma oitava completa do sinal. Em outras palavras a largura de Banda (bandwidth) desse "Filtro Acústico" é de 1 (uma) oitava. Analisando o

Período (T) das frequências audíveis e pensando nas possibilidades de controle de tempo que um delay digital oferece, podemos tirar várias conclusões e com isso gerar alguns efeitos muito interessantes. O primeiro deles é sem dúvida, o próprio controle da fase a partir da manipulação dos sinais dentro do universo digital. Outras possibilidades podem ser a criação de efeitos caricatos, como o som da voz de um robô ou de um computador num filme de ficção, ou ainda aplicações de efeito HAAS à mixagem ou sonorização. Numa gravação de bateria, por exemplo, ao colocarmos vários microfones para captação individual do som das peças, os cancelamentos são inevitáveis. Considerando eu hoje em dia os processadores digitais trabalham com frequências de amostragem de até 192Khz, o tempo de atraso de uma amostra nessa frequência será $T = 1/192.000$ ou seja 0,0052 milissegundos. Esse tempo de atraso introduzido ao sinal seria capaz de corrigir uma eventual defasagem de $37,5^\circ$ na frequência de 20KHz. Isso significa que qualquer outra defasagem maior que $37,5^\circ$ nessa frequência ou em qualquer outra dentro do espectro audível, poderia ser corrigida. Frequências inferiores a 530 Hz, por exemplo, poderiam ser corrigidas em qualquer ângulo de defasagem. Nos casos de workstations capazes de editar o sinal de áudio, obviamente você não precisaria fazer nenhuma conta. Bastaria tomar um áudio como referência (normalmente usamos o sinal que está mais adiantado) e arrastar os demais para àquela referência. A questão é que a menor correção possível vai depender do tempo de um sample (amostra). Portanto, muito cuidado com os resultados. Se o seu equipamento não tem grande precisão de edição ou se você não está seguro em relação a sonoridade obtida, é melhor não mexer na fase, pois sua manipulação imprecisa pode trazer conseqüências catastróficas.

Marcelo Claret é Técnico de Áudio, Diretor do IAV - Instituto de Áudio e Vídeo, Conselheiro da AES e da ABPA.