

SÉRIE HARMÔNICA

Texto: Prof. Dirso Anderle - SESC/2001

As notas do contraponto são formadas com intervalos de repouso e/ou tensão, consonantes e/ou dissonantes entre as linhas (vozes) da melodia e as linhas (vozes) da harmonia. É preciso que haja um equilíbrio (mistura) de intervalos muito bem estruturado entre melodia e harmonia para se conseguir um bom resultado.

O segredo deste equilíbrio está em seguir as determinações da teoria musical e sua evolução mais do que milenar, tais como: escalas, campo harmônico, harmonia, arranjo em bloco, contraponto entre outros.

Neste contexto é fundamental estabelecer a natureza e função dos intervalos consonantes e dissonantes.

Para entender esse processo torna-se necessário um estudo mais aprofundado da **Série Harmônica** de onde se extrai os intervalos consonantes e dissonantes.

O estudo e entendimento da **Série Harmônica** teve origem (início) no século VI antes de Cristo com as experiências feitas pelo filósofo e matemático grego **Pitágoras**. Pela suas descobertas é possível estabelecer uma relação direta entre melodia e harmonia, sendo que seus conceitos e definições são utilizados até os dias atuais (oitavas, ciclo de quintas, etc).

Pitágoras (séc. VI, a.c.), afirmou que qualquer som para ser musical teria que ter altura definida, emitido por um instrumento ou por fonte natural, resultando em uma vibração ondulatória regular.

Essa vibração é composta pelo som gerador (1ª nota) e outros sons definidos de intensidade menor e frequência mais aguda, chamados de **sons harmônicos ou série harmônica**.

A série harmônica (som gerador + notas agudas subseqüentes) apresenta uma relação intervalar característica e imutável de origem natural ou física.

Assim se tomarmos como exemplo uma corda de um violão (6ª Corda – Nota Mi Grave), notaremos que além de vibrar em toda a sua extensão, também vibra em sua metade, em sua terça parte, em sua quarta parte e quinta parte, etc., produzindo sons

cada vez mais agudos. A vibração da corda pode ser definida como ciclos ou Hertz (01 ciclo = é igual a ida e volta da vibração da corda).

Então ao tocarmos a 6ª Corda do Violão (nota **Mi** Grave) temos:

1ª ciclo = nota **Mi** (**fundamental**);

2º ciclo = nota **Mi**, uma **oitava** mais **aguda**;

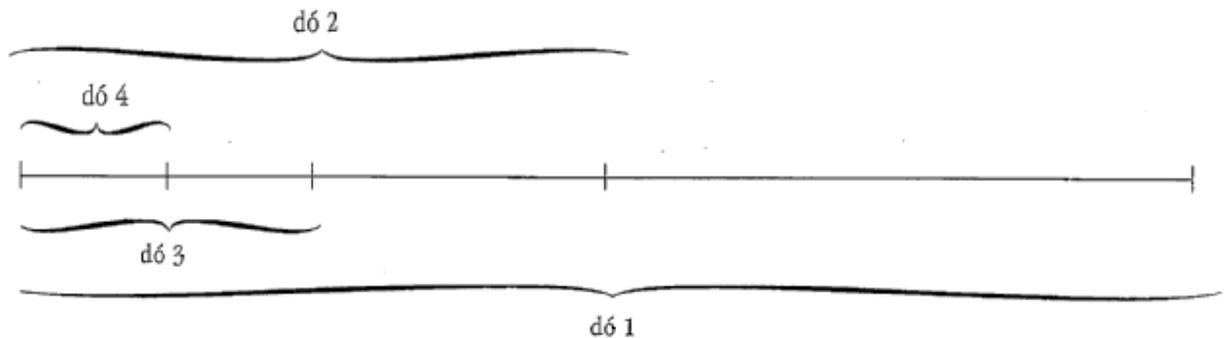
3º ciclo = nota **sol** uma **oitava** + uma **quinta aguda**; etc.

A **série harmônica** é fisicamente infinita, e suas primeiras 16 notas surgem, ao subdividir uma corda vibrante (experiência de Pitágoras) em 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10, etc. partes iguais.

Então se afinarmos uma corda em **dó**, notaremos que a sua metade também vibrará em **dó** oitava acima, a metade deste também e assim por diante.

Portanto, cada seção da corda vibrante também vibrará em duas metades, produzindo sons 8ª acima e se tomarmos a extensão inteira dessa corda com a suas subdivisões notaremos que se formarão intervalos de: Fundamental, Oitava mais aguda, quinta, quarta, terça, etc.

Veja gráficos demonstrativos abaixo:



Agora veja as primeiras 16 notas da série harmônica com a fundamental (som gerador) em **dó**:

The diagram illustrates the first 16 notes of a harmonic series starting on C (dó). It consists of a grand staff with a treble and bass clef. The notes are numbered 1 through 16. Above the staff, the intervals from the fundamental are listed: 1, 1, 5, 1, 3, 5, $\flat 7$, 8, 2, 3, $\sharp 4$, 5, 6, $\flat 7$, 7, 1. Below the staff, the intervals between adjacent notes are listed: 8, 5, 4, 3, $\flat 3$, $\flat 3$, 2, 2, 2, 2, 2, $\flat 2$, 2, $\flat 2$, $\flat 2$, $\flat 2$. At the bottom, the string vibration fractions are listed: $1/1$, $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$, $1/6$, $1/7$, $1/8$, $1/9$, $1/10$, $1/11$, $1/12$, $1/13$, $1/14$, $1/15$, $1/16$. The fundamental note (dó) is labeled 'som gerador' and 'dó 1'. The notes from 1 to 6 are labeled 'notas repetidas' (repeated notes), and notes 7 to 16 are labeled 'notas novas' (new notes). Three callout boxes on the right provide additional information: 'intervalo com o som gerador *' (interval with the generator sound), 'intervalos entre componentes vizinhas *' (intervals between adjacent components), and 'fração da corda vibrante' (fraction of the vibrating string).

Veja que os intervalos entre o som gerador (fundamental) e os demais componentes vão estabelecendo uma relação de hierarquia entre consonância e dissonância.

As **primeiras notas** da série harmônica (**Fundamental até 6ª nota**) a partir do som gerador são notas com som mais forte e portanto consideradas **consonantes**, enquanto que a partir da **6 nota sucessiva (7ª nota em diante)** a série começa a perder a força e a formar intervalos cada vez mais **dissonantes**.

Afinação Pitagórica X Afinação Temperada

As notas da série harmônica definidas por Pitágoras deram origem as chamadas escalas musicais diatônicas (modos gregos: jônico, dórico, frígio, lídio, mixolídio, eóleo, lócrio), no chamado ciclo das quintas. A **afinação pitagórica** é também conhecida como **afinação justa** ou natural visto que está calcada no ciclo de intervalos de **5^{as} justas sucessivas**.

Para isso ocorrer basta escolher uma nota musical qualquer e procurar a seu quinto grau consecutivo da escala musical, como abaixo:

ESCALA DIATÔNICA CICLO DAS QUINTAS

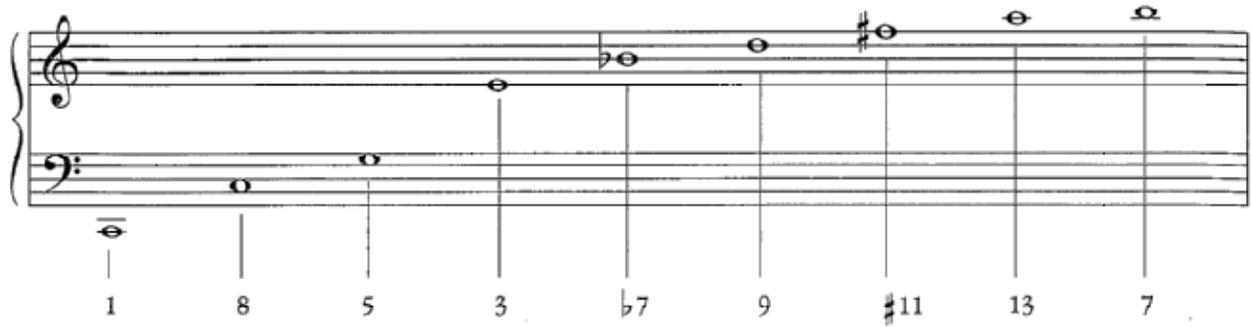
TÔNICA	5 ^a					
FÁ (4)	DÓ (1)	SOL (5)	RÉ (2)	LÁ (6)	MI (3)	SI (7)

ORDENANDO AS NOTAS

1	2	3	4	5	6	7
DÓ	RÉ	MI	FÁ	SOL	LÁ	SI

* Se continuarmos a série de 5^{as} conseguiremos definir também os semitons e assim as 12 notas da escala.

Os mesmos sons, organizados em escala, formam o modo lídio com b7, sendo esse modo grego muito mais antigo e natural do que o modo maior com a presença da nota fá natural e si natural.



Todavia as notas da série harmônica, naturais ou **Afinação Pitagórica**, no chamado ciclo das quintas, quando organizadas em escala cromática, não formam semitons iguais entre si, dando origem aos desvios de frequência.

Este fato debateu por muito tempo os matemáticos, músicos e filósofos tentando resolver esta questão.

Por volta do século XV depois de cristo algumas tentativas começaram a prosperar, dando origem então a afinação temperada.

Para que as músicas possam ser tocadas em qualquer tom e por qualquer combinação de instrumentos, temperou-se a escala (**Afinação Temperada**), dividindo-se a oitava em 12 semitons iguais ou seja toma-se aquela corda do violão que foi inicialmente apresentada e divide-se em 12 partes iguais dando origem as 12 notas musicais da escala.

O primeiro músico de renome a aplicar a afinação temperada foi Bach. Compôs 48 peças (no chamado cravo bem temperado) utilizando-se de todas as tonalidades musicais (12 tonalidades maiores, 36 tonalidades menores: modo natural, harmônico e melódico).

Bach queria demonstrar, com a Afinação Temperada, basicamente, dois fatos:

- a) Que funcionava e tinha um som agradável; e
- b) Deveria ser usada com conhecimento do encadeamento da harmonia e contraponto.

Todavia a afinação temperada também apresenta alguns problemas, visto que torna os intervalos de 3ª e 7ª dos acordes um pouco desafinados, fazendo com que a melodia e harmonia muitas vezes entre em choque produzindo o chamado batimento

harmônico. Na afinação da gaita blues (afinação justa) geralmente é feito o ajuste de oitavas e posteriormente da 3ª para que o acorde soe perfeito e agradável.

Até hoje não foi encontrada, pelos músicos, físicos e matemáticos, uma solução satisfatória para o problema da afinação da escala musical.

Diante disto, encontramos ambos os tipos de afinação (Temperada e Pitagórica) na fabricação de instrumentos. Afinação Temperada, tais como: Violão, Piano, Gaita de Boca Cromática), outros são parcialmente temperados (flauta) e finalmente os que usam a Afinação Justa ou Pitagórica, tais como: trompa, corneta e gaita blues).

Veja quadros comparativos abaixo:

SÉRIE HARMÔNICA

Cálculo de frequências utilizando quintas perfeitas Afinação Pitagórica X Afinação Temperada (Bach)

Oitavas	Escala	Círculo de 5 ^{as} .	Frequência Pitágoras	Frequ. Temperada
				1 ^a Lá
				Lá (A) 1 110
				110
				Si
				Dó
				Ré
				Mi
	Mi (E)	165	164,81	
	Fá			
	Sol			
	Lá			
2 ^a				
				Si
	Si (B)	247.5	246,94	
	Dó			
	Ré			
	Mi			
	Fá	Fá (F)#	371.25	369,99
	Sol			
	Lá			
3 ^a				
				Si
	Dó	Dó (C)#	556.87	554,37
	Ré			
	Mi			
	Fá			
	Sol (#)			
	Lá (b)	Lá (A)b	835.31	830,63

7

4 ^a	Si Dó Ré Mi	Mi (E)b	1252.97	1.244,55
	Fá Sol Lá			
5 ^a	Si Dó Ré Mi Fá	Si (B)b	1879.45	1.864,75
	Sol Lá	Fá (F)	2819.20	2.794,00
6 ^a	Si Dó Ré Mi Fá	Dó (C)	4228.77	4.186,32
	Sol Lá	Sol (G)	6343.15	6.272,48
7 ^a	Si Dó Ré Mi Fá Sol	Ré (D)	9514.73	9.428,81
	Lá	Lá (A) 8	14272.09	14.080,00

O exemplo acima demonstra que a frequência para o Lá (A) oito oitavas acima, possui uma diferença de aproximadamente um terço de um semitom, quando calculado através do intervalo de quintas para o valor calculado com as oitavas.

SÉRIE HARMÔNICA

Cálculo das frequências utilizando oitavas

Nota e Oitava	Frequência
Lá (A) 1	110
Lá (A) 2	220
Lá (A) 3	440
Lá (A) 4	880
Lá (A) 5	1760
Lá (A) 6	3520
Lá (A) 7	7040
Lá (A) 8	14080

Comparação das Escalas Musicais

Comparando as escalas justa e temperada, usando o lá padrão (440 Hz), notamos que existem diferenças na afinação das notas:

(Hz)	GRAU	Nota	Razão	Justa		Temp.	
				Freq.	Razão	Temp.	Cents.
				Temp.		Temp.	Difer.
I	Dó	1	264	1	0	261,6	2,4
II	Ré	9/8	297	1,122	200	293,7	3,3
III	Mi	5/4	330	1,260	400	329,6	0,4
IV	Fá	4/3	352	1,335	500	349,2	2,8
V	Sol	3/2	396	1,498	700	392,0	4
VI	Lá	5/3	440	1,682	900	440	0
VII	Si	15/8	495	1,889	1100	493,8	1,2
VIII	Dó	2	528	2	1200	523,2	4,8

SÉRIE HARMÔNICA

Nº	SÉRIE ASCEND.	NOTAS	INTERVALOS	INTERV. TÔNICA
VIOLÃO				
1	1ª Oitava	MI	Fundamental	Uníssonos 60
2	2ª Oitava	MI	8ª Justa	Tônica 612/42
3	2ª Oitava	SI	5ª Justa	5ª Justa 34
4	3ª Oitava	MI	4ª Justa	Tônica 10
5	3ª Oitava	Sol#	3ª Maior	3ª Maior 14
6	3ª Oitava	SI	3ª Menor	5ª Justa 17
7	3ª Oitava	RÉ	3ª Menor	7ª Menor 110
8	4ª Oitava	MI	2ª Maior	Tônica 112
9	4ª Oitava	FÁ#	2ª Maior	2ª Maior 114
10	4ª Oitava	SOL#	2ª Maior	3ª Maior 116
11	4ª Oitava	LÁ#	2ª Maior	4ª Aumentada 118
12	4ª Oitava	SI	2ª Menor	5ª Justa 119
13	4ª Oitava	DÓ#	2ª Maior	6ª Maior 121
14	4ª Oitava	RÉ	2ª Maior	7ª Menor 122
15	4ª Oitava	RÉ#	2ª Menor	7ª Maior 123
16	5ª Oitava	MI	2ª Menor	Tônica 124

VIBRAÇÃO DAS CORDAS – SÉRIE HARMÔNICA

10

1) 1º Harmônico

Nota Mi - Fundamental

2) 2º Harmônico: Fundamental + 1ª Oitava

1ª Oitava 2ª Oitava - Mi

3) 3º Harmônico: Fundamental + 1ª Oitava + 5ª Justa

Oitava + 5ª Justa

Nota - Si

4) 4º Harmônico: Fundamental + 2ª Oitava = 3 Oitavas

2ª Oitava + 5ª Justa + 4ª Justa

Nota - Mi

5) 5º Harmônico: Fundamental + 3ª Oitava + 3ª Maior

3ª Oitava (Mi – Sol#) + 3ª Maior

Nota – Sol#

6) 6º Harmônico: Fundamental + 3ª Oitava + 3ª Maior + 3ª Menor

3ª Oitava + 5ª Justa (Mi – Si) + 3ª Menor

Nota – Si

7) 7º Harmônico: Fundamental + 3ª Oitava + 5ª Justa + 3ª Menor

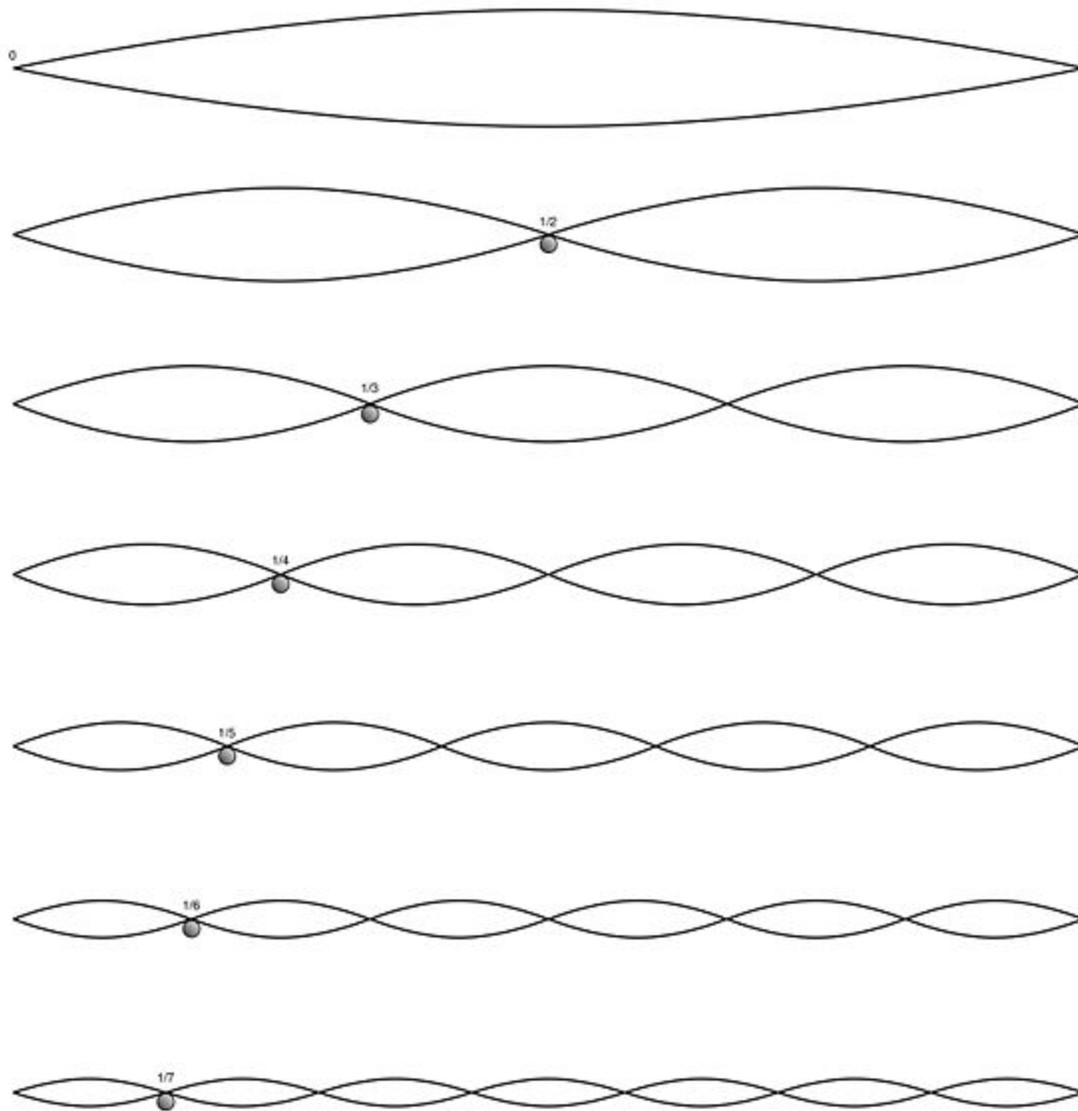
3ª Oitava + 7ª Menor (Mi – Ré) + 3ª Menor

Nota - Ré

8) 8º Harmônico: Fundamental + 3ª Oitavas + 7ª Menor + 2ª Maior = 4ª Oitava

3ª Oitava + 7ª Menor + 2ª Maior (Mi – Mi) + 2ª Maior

Nota - Mi

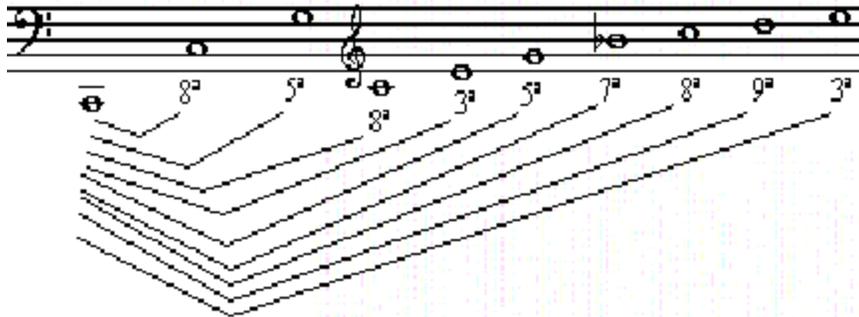


Exemplo de uma série harmônica:

1° 2° 3° 4° 5° 6° 7° 8° 9° 10°

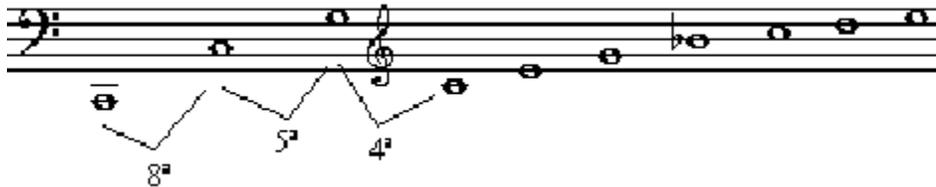
Exemplo com a
nota **DO** como
som fundamental
(som gerador)

Relações intervalares do som gerador com os primeiros harmônicos:



Os 10 primeiros harmônicos da série formam:
 um acorde maior;
 um acorde maior com sétima;
 um acorde maior com sétima e nona.

Relações intervalares entre harmônicos consecutivos:



Os 04 primeiros harmônicos da série tem relações intervalares de 8ª (justa), 4ª justa e 5ª justa, que na *Harmonia Funcional* simbolizarão, a princípio, o REPOUSO (I grau), o AFASTAMENTO (IV grau) e a TENSÃO (V grau). Isso diz respeito ao que chamamos de Dinâmica Tonal (básica).

