

Timbre

É frequente dizer que timbre é uma característica sonora que permite distinguir a diferença entre sons de mesma frequência, mas produzidos por fontes sonoras diferentes. Embora essa definição não seja incorreta, ela não é genérica o suficiente para abarcar o conceito. Em primeiro lugar, porque exclui sons complexos ou ruidosos que não possuem uma frequência estável; em segundo lugar porque não leva em conta a possibilidade de uma mesma fonte sonora produzir sons com timbres diferentes.

Numa visão mais ampla, o timbre pode ser entendido como o **atributo perceptivo que qualifica um determinado som**, aquilo que me permite distinguir um som em relação a outro. A dificuldade em se tratar o termo dessa maneira vem do fato de que o timbre não pode ser reduzido a um único parâmetro físico como a altura em relação à frequência ou o volume em relação à intensidade.

O timbre é uma sensação que depende da combinação de diversos parâmetros acústicos, como os **componentes parciais**, o **comportamento dinâmico** do som, os seus **transientes**, a influência das **regiões formânticas**, entre outros. Para sons diferentes esses parâmetros apresentam um peso diferente na formação do timbre. Por exemplo, os transientes são fundamentais para caracterizar o timbre de alguns instrumentos de percussão, mas são menos relevantes para a percepção do timbre de uma flauta. A envoltória dinâmica desempenha um papel preponderante para o timbre de um piano, mas é menos determinante para determinar o timbre de um violino. A voz falada, por sua vez depende muito mais das combinações entre transientes (consoantes) e formantes (vogais) do que do conteúdo espectral dos sons da voz. Essas diferenças apontam para complexidade do que chamamos de timbre.

Componentes Parciais e Componentes Parciais Harmônicos:

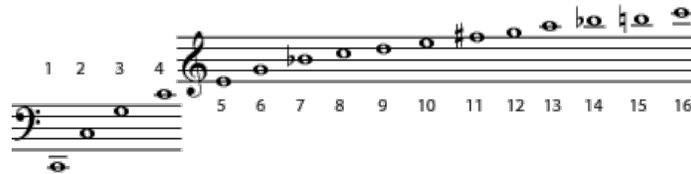
Vários elementos contribuem para formação do timbre, entre eles a **composição espectral** do som, a dinâmica do som, ou envoltória dinâmica, o comportamento dos elementos espectrais no tempo ou **envoltória espectral**, os **formantes** e os **transientes**. Em relação ao espectro do som podemos ressaltar dois elementos: componentes (ou frequências) **parciais** e os **transientes**.

Os sons puros, representados por uma variação senoidal de pressão sonora, são muito úteis para a pesquisa em acústica. Entretanto, sons senoidais, ou **tons puros**, precisam ser sintetizados pois não são produzidos por fontes sonoras em geral. Os sons musicais e os sons que ouvimos à nossa volta são geralmente constituídos por formas de onda

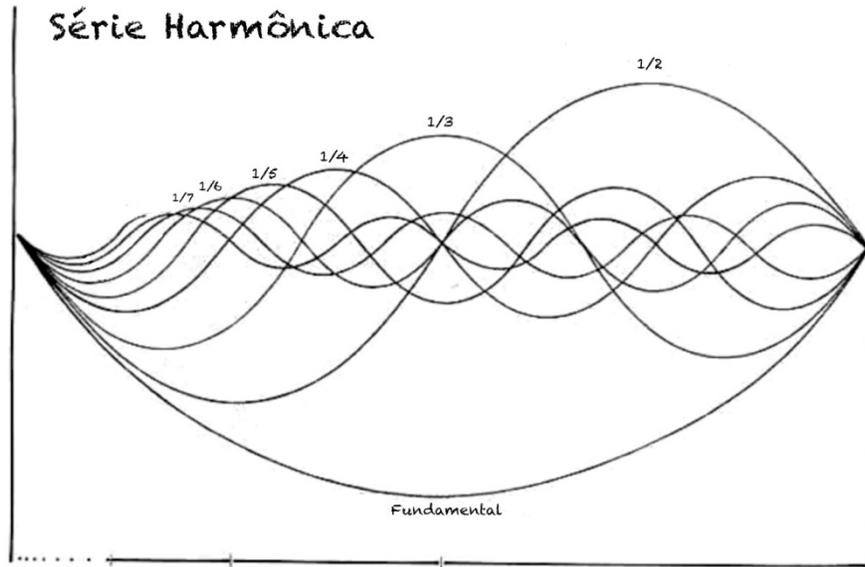
complexas, cuja característica varia no decorrer do tempo. Aquilo que chamamos de timbre, ou qualidade do som, está diretamente relacionado com a forma da onda sonora e seu comportamento no tempo.

Sons complexos podem ser entendidos como uma superposição de sons puros (senoidais) chamados **componentes parciais** e por picos de energia de duração extremamente curta e distribuição aleatória no tempo, chamados **transientes**.

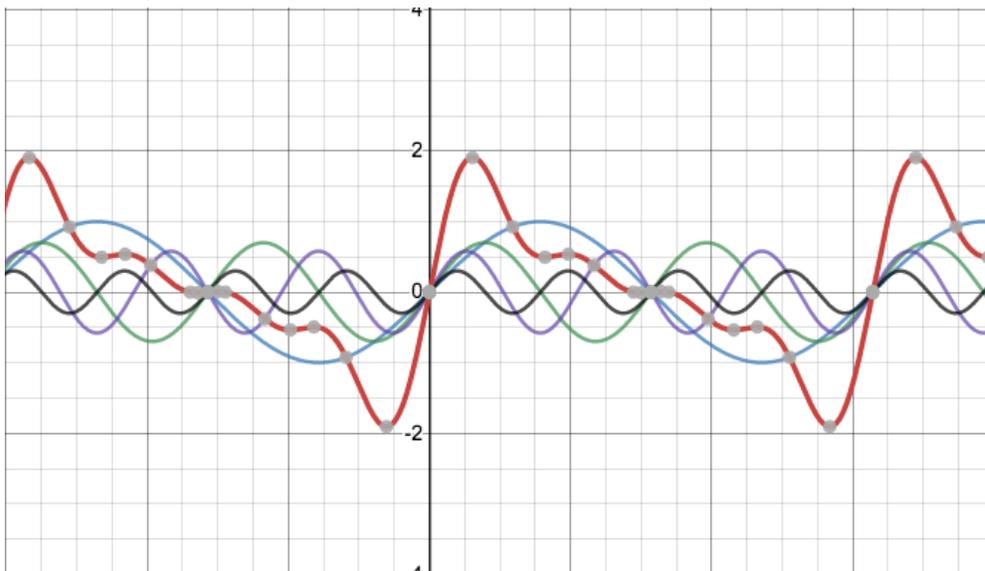
Nos sons em que a forma de onda apresenta uma variação **periódica**, a frequência de cada um dos parciais é múltipla inteira de uma frequência básica ou **frequência fundamental**. Nesse caso cada som puro é chamado de **componente parcial harmônico**, ou simplesmente harmônico. Por exemplo, em uma nota *Lá* de frequência igual a 440 Hz, o primeiro harmônico, ou fundamental, pode ser representado por uma senóide de 440Hz, o segundo harmônico tem 880 Hz (duas vezes a frequência da fundamental), o terceiro harmônico tem 1320Hz (três vezes a frequência da fundamental), e assim por diante. O conjunto dessas frequências é chamado de **série harmônica**.



Podemos então entender um **som periódico** como sendo constituído por vários sons puros (senoidais), cujas frequências são f , $2 \times f$, $3 \times f$, $4 \times f$, ..., $n \times f$, com amplitudes e fases variáveis. A **onda resultante** é a soma algébrica das ondas senóidais.



A decomposição do som complexo em ondas senoidais remonta ao trabalho do matemático francês Fourier que estabeleceu que qualquer função periódica pode ser decomposta em uma série de funções simples (senoides e cossenoides) com frequência, amplitude e fase específicas. Enquanto o teorema de Fourier pressupõe que o som seja periódico e constante, o que percebemos é que a quase totalidade dos sons à nossa volta (incluindo os produzidos pelos instrumentos musicais tradicionais) variam no decorrer do tempo.



Periodicidade e sensação de altura

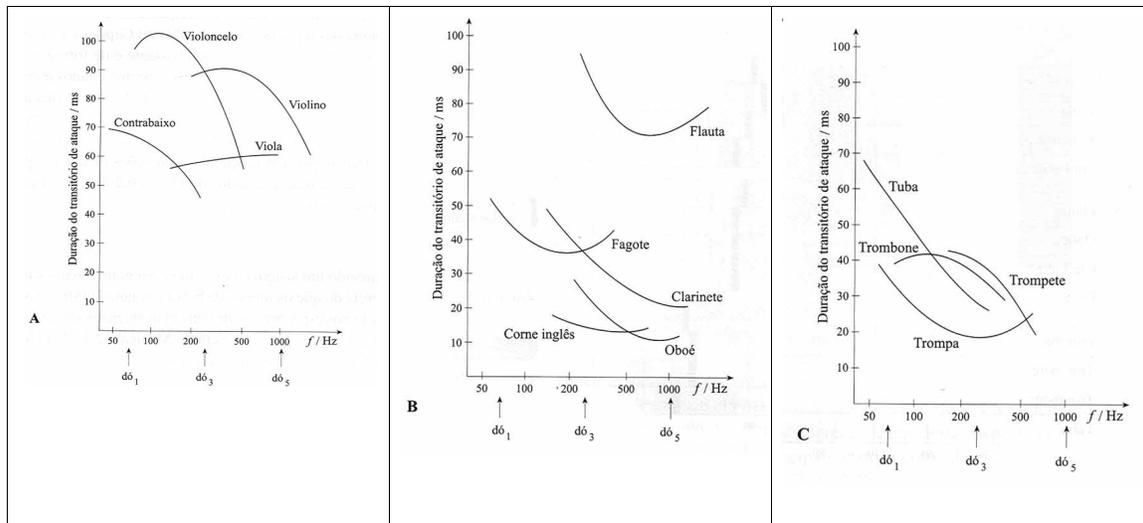
A sensação de **altura** está associada à frequência da onda. Quanto mais alta a frequência de um som, mais agudo ele nos parece. Existe também uma relação direta entre a relação harmônica entre os parciais de um som e a percepção de altura. Se todos os parciais de um som são múltiplos inteiros da fundamental, pode-se dizer que dentro de um ciclo da frequência fundamental cabem n ciclos inteiros dos outros harmônicos. Com isso a forma de onda resultante segue um padrão que se repete a cada ciclo da fundamental da onda complexa. Essa **periodicidade** é percebida pelo sistema auditivo como uma sensação de altura.

Sons cuja forma de onda não é periódica e, portanto, não provocam uma sensação de altura bem definida, também podem ser decompostos em uma série de ondas senoidais não harmônicas, ou **parciais inharmônicos**. Esses parciais não apresentam uma relação de números inteiros entre si e, portanto, não resultam em uma onda periódica. Quanto mais complexa a relação entre esses parciais, mais o som se aproxima do que chamamos de **ruído sonoro**. Embora sejamos capazes de perceber relações de grave/agudo entre ruídos, é muito difícil perceber uma altura definida.

Transientes

Os **transientes** também contribuem para a formação dos ruídos, mas estão presentes também maioria dos sons provenientes de instrumentos musicais ou do ambiente que nos cerca. São picos de energia de curta duração gerados por componentes não-periódicos e de comportamento caótico. Ocorrem geralmente no ataque dos sons e contêm grande quantidade de energia em altas frequências. Esses rápidos picos de energia ocorrem principalmente na porção do ataque dos sons e são decorrência principalmente de eventos mecânicos que alteram o movimento harmônico dos corpos vibrantes, como a fricção do arco numa corda de violino ou a batida de um martelo na corda de um piano.

A porção do ataque de um som é chamada de **estado transiente** uma vez que as componentes frequenciais não são estáveis. Sua duração varia em torno de 5 a 300 milissegundos.



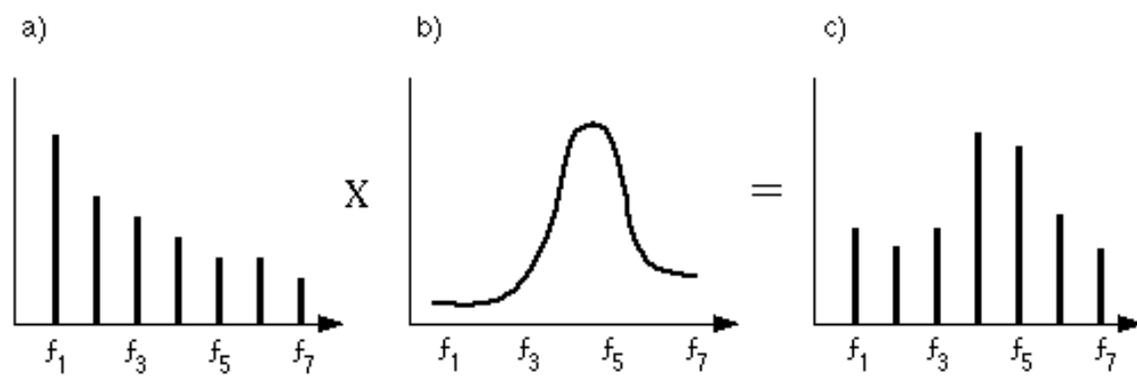
Os transientes são fundamentais na percepção do timbre e na formação da impressão espacial dos sons. Para a voz, os transientes são de extrema importância, já que constituem a base de sons consoantes.

Formantes

Os formantes podem ser definidos como picos de energia em uma região do espectro sonoro. Desse modo, os parciais que se encontram nessa região de ressonância serão realçados.

Os formantes são um fator importante na caracterização do timbre de certos instrumentos. Enquanto o espectro de cada nota de um instrumento pode variar consideravelmente com a altura, as regiões dos formantes permanecem estáveis, seja qual for a frequência da nota. Portanto, os formantes funcionam como uma espécie de assinatura de uma determinada fonte sonora.

A caixa de ressonância de instrumentos como o piano e a maioria dos instrumentos de corda possuem regiões de formantes específicas que modulam as vibrações geradas pelas cordas alterando assim o espectro do instrumento. A figura abaixo representa um instrumento de corda hipotético, onde o gráfico a) representa o espectro da corda que será modulado (multiplicado) pelo formante da caixa de ressonância do instrumento, representado no gráfico b). O espectro do som resultante desse instrumento está representado no gráfico c).



Os formantes são particularmente importantes na determinação da fala. De certo modo, a formação das vogais se dá praticamente pela alteração das regiões formânticas do aparelho fonador.

