

2. Princípios Acústicos da Clarineta

2.1 Introdução

A clarineta é um instrumento de tubo perfeitamente cilíndrico e palheta batente simples (ROSSING, 1990). Na sua extremidade inferior, encontra-se uma peça cônica responsável pela terminação do tubo. Esta peça recebe o nome, segundo FUKS (1993), de *campana* ou *pavilhão*, e, segundo PAULA (2000), de *campânula* ou *corneta*. Na sua extremidade superior, encontra-se a boquilha, onde o instrumentista prende a palheta e a leva à boca. A palheta é presa na boquilha em sua parte inferior, sobre uma abertura própria. A ponta da boquilha é levemente curva, dobrada para cima, de forma a manter com a ponta da palheta uma pequena distância que, segundo ROSSING (1990, p. 244), é “tipicamente em torno de 1 mm”. Logo após a boquilha, encontra-se uma segunda peça, o *barrilhete*, que, embora tenha exteriormente a forma de um barril, de onde se extrai seu nome, sua cavidade interior é cilíndrica e seu diâmetro é o mesmo até o final do tubo do instrumento. Os clarinetistas, para afinar seu instrumento, costumam afastar ou apertar o barrilhete em seu encaixe, aumentando ou diminuindo o comprimento total do instrumento, respectivamente abaixando ou subindo a afinação.

O barrilhete encaixa-se numa peça denominada *corpo superior da mão esquerda*, que acopla-se ao *corpo inferior da mão direita*, e este à *campana* (PAULA, 2000). Os dois corpos centrais (o superior e o inferior) são providos de orifícios e chaves, onde o instrumentista digita e apóia o instrumento. São os segmentos maiores e as partes principais da clarineta. A *Figura 2-1* nos exhibe a clarineta e suas partes.



Figura 2-1: As partes da clarineta. Figura retirada e adaptada de PAULA (2000, p. 8).

GIBSON (1998) nos mostra que, hoje, os tubos das clarinetas não são mais perfeitamente cilíndricos, uma vez que os fabricantes, na intenção de aprimorar a afinação de determinadas notas, suas respostas sonoras e timbres, pesquisam no interior do tubo locais passíveis de serem levemente modificados, quer alargados ou comprimidos, de forma a produzir pequenas perturbações que atendam a seus objetivos específicos. Não há, entretanto, uniformidade nesta prática, decorrendo que cada fabricante ou construtor de clarineta produz seu instrumento com determinada configuração interna de tubo específica. Verifica-se que modelos diferentes de um mesmo fabricante podem ainda diferir entre si, sendo os mais novos geralmente mais aprimorados acusticamente, como no caso da fábrica francesa Selmer, cuja linha *Selmer Signature*, mais nova que a linha tradicional e considerada por seu fabricante o topo de linha, apresenta o barrilhete levemente cônico (em oposição ao barrilhete tradicional, que era cilíndrico) e modificações internas específicas que a distanciam dos modelos anteriores (GIBSON, 1998). Contudo, pequenas perturbações no decorrer do tubo da clarineta não afetam seu comportamento acústico geral, permanecendo seus princípios de produção sonora inalterados.

Neste breve capítulo discutiremos os princípios básicos da natureza acústica da clarineta, a produção do som, o papel da palheta, as noções de tubo aberto e tubo fechado e as discrepâncias entre os harmônicos pares e ímpares.

2.2 Produção do Som

Na clarineta, assim como nos instrumentos de sopro em geral, a produção das notas e sons acontece por efeito da vibração da coluna de ar no tubo do instrumento, e não do tubo, mesmo que este participe da produção da energia sonora final.

O som, sendo uma onda em movimento vibratório elástico, propaga-se em um meio a partir da formação e deslocamento de zonas ou regiões de baixa pressão e alta pressão, cujas moléculas são comprimidas e descomprimidas, formando um pulso, que caminha ao longo do tubo e, repetindo-se em iguais intervalos de tempo, adquire uma frequência constante. O meio onde este movimento se dá, no caso dos instrumentos musicais, é o ar. A vibração da coluna de ar dentro do tubo de um instrumento nada mais é que o movimento ordenado de ida e volta destes pulsos, ou seja, de regiões caracterizadas por alta e baixa pressões.

É importante ressaltar que o pulso de pressão, atingindo o final do tubo e encontrando o meio externo, por efeito deste sofre reflexão. Não fosse o fenômeno da reflexão, não seria possível ao pulso de pressão perfazer o caminho de volta, evitando a formação do som. Teoricamente, num instrumento de tubo infinito o pulso jamais encontraria o meio externo e, assim, jamais retornaria, evitando o movimento periódico de ida e volta e acarretando na não produção do som.

2.3 Tubo Aberto, Tubo Fechado e a Clarineta

Podemos entender os conceitos de vibração da coluna de ar dentro de um tubo aberto nas duas extremidades segundo ROEDERER (1998, p. 188):

“Vamos considerar um cilindro muito fino e longo, aberto em ambas as extremidades (...). O ar dentro dele pode ser considerado como um meio elástico unidimensional (...) através do qual as ondas longitudinais podem se propagar. Em qualquer ponto dentro do cilindro é permitido à pressão, momentaneamente, crescer, decrescer ou oscilar consideravelmente em relação à pressão atmosférica normal externa – as paredes rígidas e a inércia da coluna de ar restante mantêm o balanço necessário das forças (...), as quais surgem devido à diferença de pressão. Mas, nos pontos extremos, P e Q [letras correspondentes às extremidades do tubo], não são possíveis grandes variações de pressão, mesmo nos menores intervalos de tempo, porque não há nada que possa balancear as diferenças de pressão que surgem. Assim, esses pontos devem exercer o papel de nodos de pressão, e qualquer onda sonora causada por uma perturbação dentro do tubo e que se propague por ele será refletida em qualquer uma das extremidades abertas. Dessa forma, temos uma situação formalmente análoga à da corda vibrante (...): as ondas sonoras geradas no tubo permanecem presas lá dentro, e os únicos modos de vibração estáveis possíveis são ondas sonoras longitudinais estacionárias com nodos de pressão nas extremidades abertas P e Q.”²²

Assim, as extremidades destampadas de um tubo aberto são sempre regiões de baixa pressão. O pulso de alta pressão caminha de uma extremidade à outra, e, quando atinge estas extremidades, ele é refletido como pulso de baixa pressão. As extremidades de um tubo aberto atuam como ventre de deslocamento e nodos de pressão. Este modelo aplica-se à flauta transversa e a alguns tubos do órgão.

Em todo o tubo aberto, a onda de pressão completa o seu ciclo a cada vez que um pulso de pressão perfaz o caminho de ida e volta completo pelo interior do tubo. Portanto, o comprimento de onda no tubo aberto é sempre igual a duas vezes a extensão do tubo.

²² ROEDERER, 1998, p. 188.

Tubo aberto: $\lambda = 2L$

$\lambda =$ comprimento da onda e $L =$ Comprimento do tubo

Em um tubo fechado, a extremidade destampada é região sempre de baixa pressão, enquanto que a extremidade tampada é região de alta pressão. Quando um pulso de alta pressão caminha da extremidade fechada para a aberta, ocorre o mesmo que num tubo aberto, ou seja, a extremidade atua como um nodo de pressão e este pulso é refletido como pulso de baixa pressão. No entanto, ao atingir a extremidade fechada do tubo, este pulso de baixa pressão é refletido sem sofrer reversão (ou seja, mantendo-se como pulso de baixa pressão). Ao atingir a extremidade aberta, no entanto, este pulso de baixa pressão é refletido e revertido, voltando a ser pulso de alta pressão.

Em todo o tubo fechado, a onda de pressão completa o seu ciclo a cada vez que um pulso de pressão perfaz quatro vezes o caminho completo do interior do tubo, respectivamente como pulso de alta pressão, baixa pressão, baixa pressão e alta pressão. Isto ocorre porque, como mostrado acima, apenas uma das extremidades do tubo é capaz de revertê-lo. Portanto, o comprimento de onda no tubo fechado é sempre igual a quatro vezes a extensão do tubo.

Tubo fechado: $\lambda = 4L$

$\lambda =$ comprimento da onda e $L =$ Comprimento do tubo

Sabemos que a velocidade de uma onda é definida pelo produto da frequência e seu comprimento:

$$v = \lambda f$$

*$v =$ velocidade da onda
 $\lambda =$ comprimento da onda
 $f =$ frequência da onda*

Como o som se propaga em um mesmo meio sempre com a mesma velocidade, independente da frequência e comprimento de onda, temos que, para duas ondas distintas:

$$v_1 = v_2$$

$$\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2$$

Assim, se a onda de um tubo fechado é maior que a de um tubo aberto, necessariamente sua frequência será proporcionalmente menor, e portanto mais grave, para que tenham a mesma velocidade de onda. Sabemos que a onda da clarineta (tubo fechado) é quatro vezes maior que seu comprimento ($4L$), e a da flauta (tubo aberto) é duas vezes o seu comprimento ($2L$). Dessa forma, sendo uma clarineta e uma flauta de mesmo comprimento de tubo (L) e mesmo diâmetro, a onda produzida pela flauta terá a metade do comprimento da onda produzida pela clarineta e sua frequência, portanto, será duas vezes maior, caracterizando a diferença de oitava.

Dessa maneira, a nota fundamental de um tubo fechado é sempre uma oitava mais grave que a nota fundamental de um tubo aberto de mesmo diâmetro e comprimento. Exemplos de instrumentos que seguem o princípio do tubo fechado são a clarineta, o antigo chalumeau, além de alguns tubos do órgão, correspondentes a notas graves, que são feitos fechados para tornarem-se menores e economizarem dinheiro e espaço (ROEDERER, 1998). Ainda segundo ROEDERER (1998, p. 192), podemos acrescentar que:

“A clarineta talvez seja o exemplo mais familiar de um instrumento que se comporta quase como um tubo cilíndrico fechado. A embocadura com a palheta comporta-se como a extremidade fechada, e a campana ou o primeiro orifício aberto definem a extremidade aberta. A altura fundamental de uma nota tocada numa clarineta está realmente uma oitava abaixo da nota correspondente ao mesmo comprimento de coluna de ar tocada numa flauta.”²³

A *Figura 2-2* representa o processo de produção de uma onda sonora na clarineta, mostrando o caminho do pulso de pressão ao percorrer quatro vezes o interior do tubo:

²³ ROEDERER, 1998, p. 192.

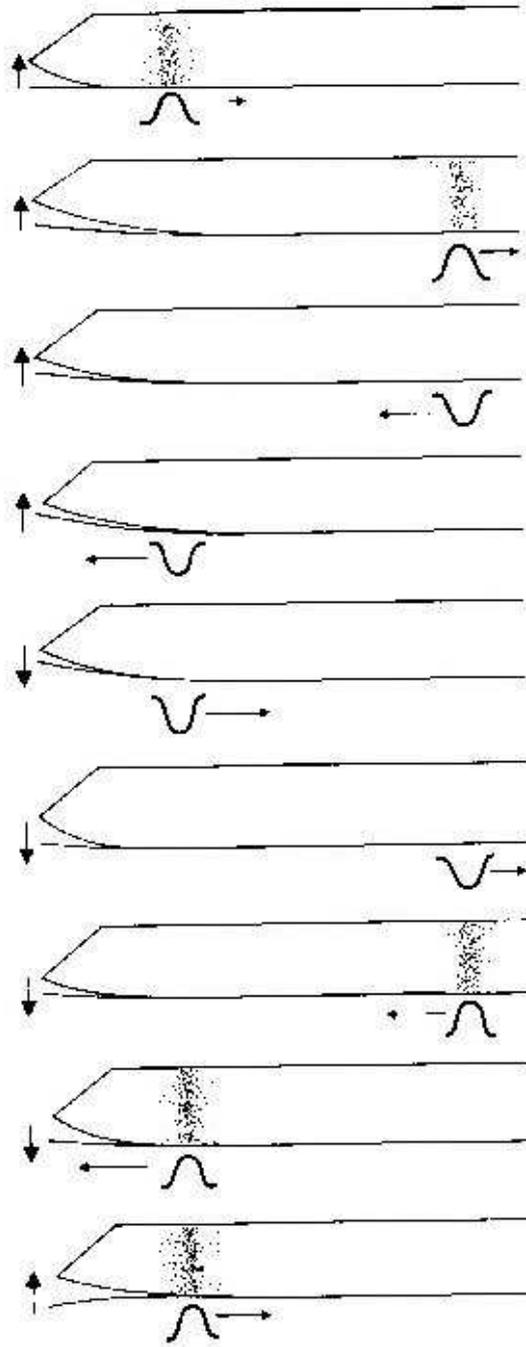


Figura 2-2: Caminho de um pulso de alta pressão ao longo do tubo da clarineta, formando uma onda completa. Figura retirada de ROSSING (1990, p. 239).

A boquilha da clarineta tem sua ponta levemente inclinada para cima, permitindo que exista uma pequena distância entre a ponta da boquilha e a ponta da palheta adaptada a ela, chamada *abertura da boquilha* (FUKS, 1993; ROSSING, 1990). A Figura 2-3 nos mostra esquematicamente estes elementos:

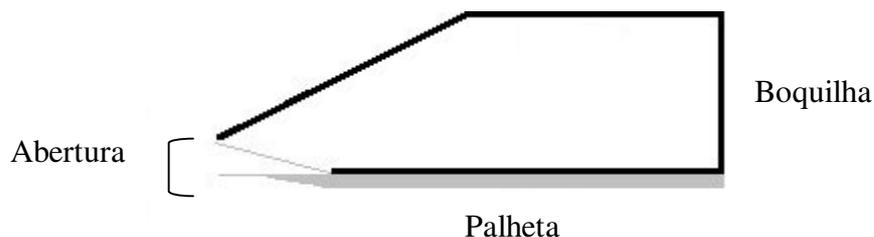


Figura 2-3: Esquema representando a boquilha da clarineta e a palheta. Note a abertura da boquilha entre a ponta desta e a da palheta.

A palheta da clarineta, adaptada na região inferior da boquilha chamada *mesa* (ROSSING, 1990), é presa na boquilha por uma peça chamada *braçadeira*. Até o século XIX, segundo BRYMER (1979), usava-se linha para se prender a palheta. Como visto no capítulo anterior, é creditada a Müller a criação da braçadeira de metal. Hoje, no entanto, usa-se, no meio profissional, preferencialmente uma braçadeira de couro, mais leve e flexível.

A palheta da clarineta, por ser feita de material elástico e flexível, é batente, ou seja, capaz de interromper o fluxo da coluna de ar do instrumentista, obstruindo a sua passagem ao tocar na ponta da boquilha (ROSSING, 1990). Isto acontece pelo seguinte processo: o instrumentista canaliza sua coluna de ar pelo orifício entre a palheta e a boquilha com uma determinada pressão. A palheta sucumbe à pressão excessiva, permitindo que parte do ar atravesse o orifício e parte simplesmente a mova contra a boquilha, de vez a fechar a abertura entre estas. Uma vez fechada esta abertura, a palheta encontra-se em sua dilatação elástica máxima e tende a voltar à posição de relaxamento, esperando apenas a volta do pulso de pressão (refletido na outra extremidade do tubo) para reabrir o canal entre ela e a ponta da boquilha, a partir de onde todo este processo recomeça. No momento em que a palheta obstrui a abertura da boquilha, o tubo da clarineta torna-se fechado, refletindo o pulso de baixa pressão sem revertê-lo, segundo expediente já descrito nesta seção (ROSSING, 1990; BRYMER, 1979; FUKS, 1993; GIBSON, 1998).

FUKS (1993) nos informa que, para a execução, o instrumentista pressiona a palheta contra a boquilha, diminuindo o espaço excessivo da abertura. Esta força, exercida pelo maxilar inferior através dos lábios, é chamada *força de carregamento* (FUKS, 1993). ROSSING (1990, p. 244) nos detalha que “quando o instrumento é

tocado, o lábio inferior empurra a palheta para dentro aproximadamente metade desta distância [a distância da abertura da boquilha, que, segundo ele, é em torno de 1mm], e ela vibra nesta posição.” Em sons de baixa intensidade, conforme FUKS (1993) e ROSSING (1990), a palheta não chega a tocar a ponta da boquilha, sendo o fluxo de ar ininterrupto, mas apenas em sons fortes, quando o fluxo de ar de fato sofre interrupção. FUKS (1993) atribui a isto a provável explicação para a diferença tímbrica observada por ele entre o piano e o forte da clarineta.

2.4 A Clarineta e os Harmônicos Ímpares

Como vimos, as extremidades abertas de qualquer tubo atuam como nodos de pressão, ou seja, pontos de pressão nula que moldam a onda sonora. Os tubos fechados, como no caso da clarineta, têm um nodo de pressão em apenas uma das suas extremidades, enquanto os tubos abertos têm um nodo de pressão em cada uma delas.

A onda sonora fundamental formada no interior de um tubo aberto, como mostrado antes, tem metade do comprimento da onda sonora fundamental formada no interior de um tubo fechado. A *Figura 2-4* exemplifica uma onda estacionária e seus primeiros harmônicos num tubo aberto.

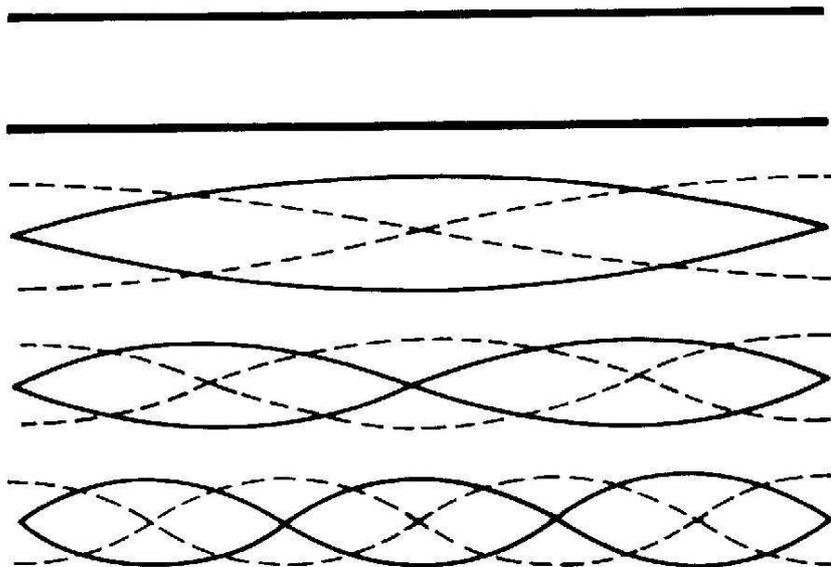


Figura 2-4: Uma onda estacionária no interior de um tubo aberto com os três primeiros harmônicos. Figura retirada de ROSSING (1990, p. 243).

Observe que os harmônicos são múltiplos inteiros da fundamental. O comprimento de onda do segundo harmônico é a metade do comprimento da fundamental; o comprimento de onda do terceiro é $1/3$ do comprimento da fundamental; o do quarto é $1/4$ e assim por diante.

O tubo fechado, contudo, mede um quarto da onda fundamental que produz, como mostrado anteriormente. Dessa forma, os nodos de pressão do terceiro harmônico estão no extremo aberto, a um terço do comprimento do tubo. Com esta configuração, apenas os harmônicos ímpares serão capazes de se enquadrar e fazer coincidir seus nodos com os do tubo fechado. Veja que apenas os harmônicos ímpares se encaixam nesta nova situação, ficando os harmônicos pares desfavorecidos. Por este motivo, a clarineta, como qualquer tubo cilíndrico fechado, favorece apenas harmônicos ímpares. A *Figura 2-5* nos mostra um tubo fechado e seus primeiros harmônicos possíveis, todos ímpares.

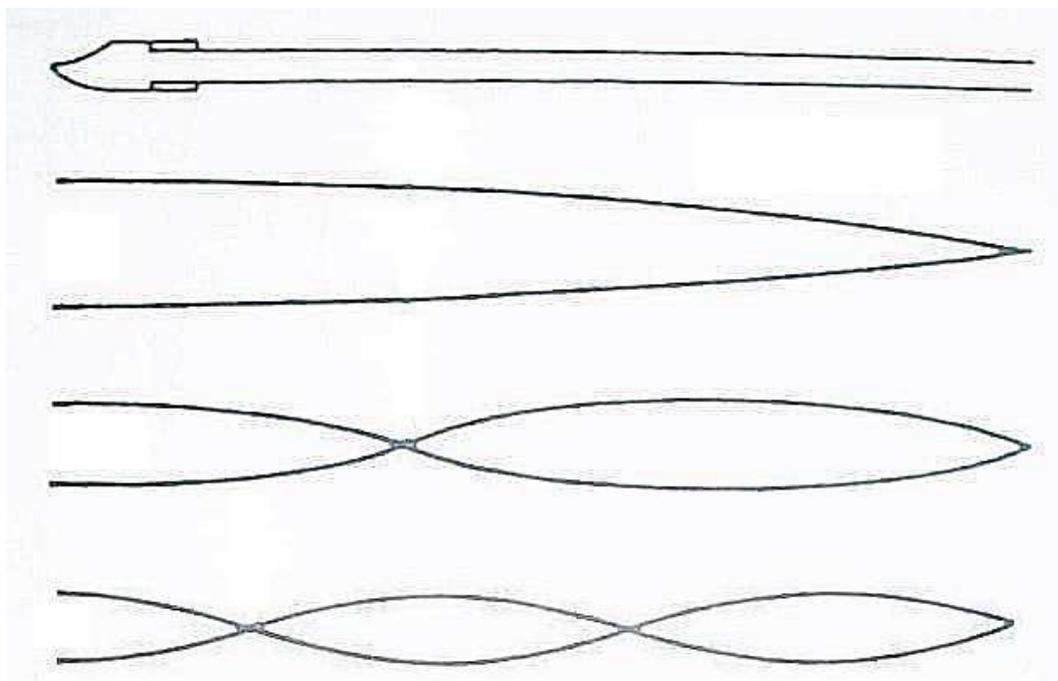


Figura 2-5: Uma onda estacionária no interior de um tubo fechado com os três primeiros harmônicos possíveis, todos ímpares. Figura retirada de ROSSING (1990, p. 247).

PAULA (2000) e FUKS (1993) nos mostram que, na verdade, existem os harmônicos pares no espectro tímbrico da clarineta, porém eles apresentam intensidades muito reduzidas. Apenas nos harmônicos mais distantes da fundamental (onde mesmo

os parciais ímpares são pouco intensos) há um maior equilíbrio entre as intensidades dos harmônicos pares e ímpares.

2.5 Hipótese Metodológica

Nos próximos capítulos, serão apresentados os experimentos executados e seus respectivos resultados, buscando responder à pergunta: “Qual a real diferença entre os timbres da clarineta em Lá e da clarineta em Si bemol?”.

Pela experiência acumulada desde o início de minha carreira profissional, tenho observado que não percebo diferenças tímbricas entre os sons desses dois instrumentos. Embora eu tenha percebido que algumas pessoas alimentassem a concepção de que a clarineta em Lá soa mais “triste”, “leve” ou “romântica” e que a clarineta em Si bemol, em contrapartida, soa mais “alegre”, “brilhante” ou “viva”, também tive a oportunidade de me deparar com pessoas que afirmam, assim como eu supunha, que não há diferenças entre os sons desses dois instrumentos tão similares.

Dessa maneira, os experimentos presentes neste trabalho foram concebidos no sentido de procurar evidenciar, caso exista e seja perceptível, as diferenças entre os sons destes dois congêneres, e, assim, confirmar (ou contradizer) a hipótese inicial de que essas diferenças, se existem, são imperceptíveis.