

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE BELAS-ARTES



## **DESIGN E SOM**

**Uma exploração de instrumentos musicais acústicos**

Silvia Maria Pires Cunha

Trabalho de Projeto

Mestrado em Design de Equipamento

Especialização em Design de Produto

Trabalho de Projeto orientado pelo Prof. Doutor José Viana  
e pela Assistente Convidada Ana Lia Santos

2019



## Resumo

Ao longo dos anos da sua relativamente curta existência como disciplina, o Design raramente foi aplicado no sentido de pensar o som como função. A famosa relação forma-função sempre tendeu a focar-se em funções práticas, em trazer valor acrescentado ao uso de objectos do quotidiano. Mais recentemente, com a crescente competitividade dos mercados e a necessidade dos produtos se destacarem uns dos outros e se posicionarem como os “melhores”, surgiram disciplinas como o *Sound Design*, métodos de análise da experiência de compra do utilizador, entre outros. Por outro lado, com o rápido desenvolvimento de produtos digitais, entre os quais instrumentos musicais, o Design de Interação tem sido a disciplina do campo do Design que tem estado mais directamente envolvida no desenvolvimento de novos instrumentos musicais. O campo do Design de Produto parece não estar frequentemente envolvido, apesar dos instrumentos musicais serem utensílios, e os instrumentos digitais exigirem uma interface física, para *input* e *feedback*. Estas áreas foram exploradas de modo a perceber que contribuição a pesquisa feita no seu âmbito poderia trazer ao projecto de instrumentos musicais acústicos na óptica do Design de Produto. De forma a recolher o conhecimento base para a realização de projectos para instrumentos musicais, exploraram-se os requisitos físicos e acústicos indispensáveis para o projecto desses objectos. Foi realizada uma pesquisa sobre a história dos instrumentos, procurando saber por que razões surgem novos instrumentos ao longo dos tempos, e que factores determinam a sua adopção como instrumento central numa cultura ou a sua entrada em desuso e extinção. Foram analisados instrumentos simples de forma a perceber o seu funcionamento e requisitos do ponto de vista de projecto. Como forma de pôr em prática o conhecimento obtido, realizou-se o projecto para um instrumento musical de cordas simples, procurando projectar um instrumento facilmente inteligível, com uma rápida curva de aprendizagem, e simplificar as formas e reduzi-las ao indispensável.

Palavras-Chave: Design de Produto, Design de Interação, Acústica; Instrumentos musicais-

## Abstract

Design has been, throughout its relatively short existence, rarely applied directly to sound. The well known form-function rule has always tended to focus on practical functions, in bringing added value to everyday objects. More recently, with the growing competitiveness of markets and the need for products to stand out from each other and try to become better and better, new design fields and methods such as sound design and techniques to analyse user experience while the product has not been bought yet and is still in-store emerge. On the other hand, with the rapid development of digital products, including digital musical instruments, Interaction Design is the Design field that has been most directly involved in the development of new musical instruments to date. The field of Product Design doesn't seem to be frequently involved, although musical instruments are artifacts, and even digital instruments demand a physical interface for input and/or feedback. These fields have been explored to understand in what ways their research can be used in acoustic musical instruments' design. The physics of sound and common acoustics involved in musical instrument making were studied in order to understand their functioning and collect necessary knowledge. Musical instrument history was also explored, seeking to know why new musical instruments are born, and which factors determine their position as a cultural icon, or otherwise, as an extinct and unheard of musical instrument. Simple instruments were analysed to understand their functioning and project demands. As a way to apply this knowledge, a simple acoustic musical string-instrument was designed. The requirements for this project were to make it easily understandable, easily played with a fast learning curve, with simple shapes.

Keywords: Product Design, Interaction design; Acoustics; Musical instruments.

## Agradecimentos

Agradeço à minha mãe e ao meu irmão, por todo o apoio dado. A toda a minha família.

Ao meu orientador e professor José Viana, por sempre ter acreditado no valor do tema e apesar das inconsistências da minha parte ter sido um apoio incondicional. A sua abordagem calma, prática e pragmática ao design foi uma inspiração ao longo da dissertação.

Aos meus colegas, por me inspirarem a ser uma melhor gestora do meu tempo.

A todos os que tiveram um papel marcante no meu percurso académico e desenvolvimento como designer e como pessoa, não sendo possível mencioná-los a todos, saibam que não ficaram esquecidos. Um grande obrigado!

Aos *luthiers* Acácio e Thibaut, pelos esclarecimentos prestados.

Obrigado a todos os meus amigos, e colegas de faculdade, em especial ao Carlos, Francisco, Beatriz, João, Francisca, Maria Monteiro, Maria Freire, Andreia, Ricardo, Ana Carolina, Lúcia, que toleraram inconsistências, horários instáveis, indisposições, cansaços e pavios curtos, e que sempre me lembraram que tinha de terminar!

Bem-hajam a todos!

## Índice Geral

Resumo	1
Abstract	2
Agradecimentos	3
Índice Geral	4
Índice de Figuras e Tabelas	6
Introdução	8
Definição do tema	8
Objectivos da investigação	9
Estrutura do trabalho	10
Metodologia	10
1.    O som	12
1.1 A audição	13
1.2 O que é o som?	18
1.2.1 Diferença entre som e ruído	20
1.2.2 Som, notas e frequências	21
1.2.3 Frequência fundamental, frequências harmónicas e série harmónica	23
1.2.4 Oscilação	26
1.2.5 Ressonância	28
1.2.6 Caixas de ressonância	29
1.2.7 Modos de vibração	32
1.2.8 Timbre	35
1.3 Sistemas de afinação e <i>layout</i>	36
2.    Design e som	41
2.1.1 Breve história dos instrumentos musicais	42
2.1.2 Categorias de instrumentos Hornbostel-Sachs	46
2.1.3 Análises de instrumentos	49

2.1.4 Serrote	49
2.1.5 Guimbardeiras	51
2.1.6 Flauta transversal ocidental	52
2.1.7 Sítara monocorde vietnamita <i>dan bau</i>	55
2.2 Origem de um novo instrumento: violino de campânula de Taiwan	58
2.3 Design e som hoje: zonas de intersecção	71
2.3.1 Design sinestésico	73
2.3.2 Design de interacção	73
2.4 Instrumento acústico vs. Instrumento digital	74
2.5 Construção de instrumentos acústicos: tendências	76
2.6 Ergonomia e usabilidade	78
3. Proposta de projecto	81
3.1 Descobrir	82
3.2 Definir	83
3.3 Desenvolver	84
3.4 Entregar	86
Conclusão	88
Bibliografia	90
Fontes Iconográficas	94
Glossário	98

## ANEXOS

Classificação Hornbostel-Sachs revista

Tessituras orquestra ocidental

## Índice de Figuras e Tabelas

<b>Figura 1</b> - Ouvido externo, médio e interno	13
<b>Figura 2</b> - Representação esquemática da cóclea desenrolada	15
<b>Figura 3</b> - Percurso do estímulo acústico no cérebro	16
<b>Figura 4</b> - Onda sonora	18
<b>Figura 5</b> - Onda sonora: comprimento de onda	19
<b>Figura 6</b> - Relação entre período e frequência de uma onda sonora	20
<b>Figura 7</b> - Frequências de um som. Relação entre fundamental, harmónicos (harmonic) , frequências correspondentes a modos de vibração (overtones) e volume.	23
<b>Figura 8</b> - Série harmónica	24
<b>Tabela 1</b> - Relação entre características da vibração e efeito na percepção do timbre	25
<b>Figura 9</b> - <i>Eames Musical Tower</i> em exibição na exposição <i>The World of Charles and Ray Eames</i> , na Barbican Art Gallery, Londres, 2016.	28
<b>Figura 10</b> - Violino trapezoidal Savart	31
<b>Figura 11</b> - Ellen Fullman toca o seu <i>Long String Instrument</i> durante uma performance em Los Angeles, EUA, 2017	34
<b>Figura 12</b> - Modos de vibração e nódulos numa corda	35
<b>Figura 13</b> - Cálculo das frequências em temperamento justo	38
<b>Figura 14</b> - Cálculo das frequências em temperamento igual	38
<b>Figura 15</b> - O serrote	49
<b>Figura 16</b> - O <i>kouxian</i>	51
<b>Figura 17</b> - Posição aproximada das aberturas numa flauta transversal em escala diatónica maior	53
<b>Figura 18</b> - Representação esquemática de uma versão recente	

do <i>dan bau</i>	55
<b>Figura 19</b> - <i>Erhu</i>	58
<b>Figura 20</b> - Pestana do <i>erhu</i>	59
<b>Figura 21</b> - Arco do <i>erhu</i> em posição de descanso entre as duas cordas do instrumento	59
<b>Figura 22</b> - Vários instrumentos da família do <i>Erhu</i>	60
<b>Figura 23</b> - Diagrama do violino de campânula de Taiwan	61
<b>Figura 24</b> - Violino Stroh	61
<b>Figura 25</b> - Músico toca o violino de campânula de Taiwan	62
<b>Figura 26</b> - <i>One-string Japanese Fiddle</i>	63
<b>Figura 27</b> - Sorna	64
<b>Figura 28</b> - Suona	64
<b>Figura 29</b> - Shawm	64
<b>Figura 30</b> - O Oboé ocidental actual	65
<b>Figura 31</b> - O violino Stroh actual	67
<b>Figura 32</b> - Detalhe do cavalete e transmissão da vibração à mica	67
<b>Figura 33</b> - Espectro de frequências e características do som do violino de campânula	70
<b>Figura 34</b> - Vista geral do objecto	86
<b>Figura 35</b> - Detalhe para fixação de cordas e cavalete	86
<b>Figura 36</b> - Detalhe da furação para guia de colocação dos trastes	87
<b>Tabela 2</b> - Aspectos positivos e negativos dos instrumentos acústicos e digitais	77

## Introdução

A seguinte investigação marca a conclusão dos estudos de Mestrado em Design de Equipamento com especialização em Design de Produto pela Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.

## Definição do tema

Ao longo do trabalho de projecto, optou-se por relacionar a área do Design de Produto com a construção de instrumentos musicais. A opção por esta temática decorre do interesse em levar o projecto de Design de Produto a explorar o âmbito da construção de instrumentos musicais, seguindo a expectativa de aí se gerarem possibilidades de alternativa ao já existente. Como forma de pôr em prática o conhecimento obtido, realizou-se o projecto para um instrumento musical de cordas simples, procurando projectar um instrumento facilmente inteligível, com uma rápida curva de aprendizagem, e simplificar as formas e reduzi-las ao indispensável.

Desde a pré-história que objectos feitos com o propósito de produzir som têm sido produzidos pelo Homem. Não existindo evidência dos objectos terem sido criados com o objectivo de serem instrumentos musicais, pensa-se que terão sido primeiramente utilizados como parte de rituais e danças. A partir daí até à Renascença, os instrumentos musicais foram se tornando cada vez mais objectos que têm um papel importante no escopo sociocultural e na cultura material de cada povo, desempenhando muitas vezes um papel importante na coesão, organização e fruição cultural de um povo. Durante a Renascença o desenvolvimento e construção de instrumentos musicais teve um crescimento exponencial no Ocidente, como resultado de uma libertação da música como acompanhamento a outras actividades culturais ou festivas para passar a ser

uma arte performativa por si só, com grandes avanços na teoria da música e na composição, criando-se a maioria dos cânones da música, desde a teoria para composição à forma e construção de instrumentos. Nos séculos XIX/XX deu-se outra grande revolução no mundo da música com a invenção da gravação sonora e mais tarde dos instrumentos digitais e edição áudio.

Como se trata de um trabalho de projecto em Design de Produto, pretendeu-se encontrar áreas de intersecção entre o Design de Produto e o som.

No Design, têm vindo a surgir disciplinas relacionadas com o som, num contexto não musical, mas ainda assim de utilização de um objecto pensado, como é o caso do design sinestético e do *sound design*. No caso dos instrumentos digitais, o design de interacção é, na maioria dos casos, uma disciplina presente durante o projecto. Têm vindo a ser desenvolvidos estudos e projectos experimentais directamente ligados à interacção humano-instrumento, com o objectivo de melhor compreender de que formas as pessoas interagem e se relacionam com instrumentos musicais acústicos e digitais.

Após constatar que as abordagens à construção de instrumentos acústicos através da óptica do designer são escassas, procedeu-se a uma pesquisa que permitisse ao designer compreender os constrangimentos físicos, acústicos e ergonómicos inerentes ao projecto de instrumentos acústicos. Procurou-se também compreender que factores têm impacto na aceitação ou rejeição de um novo instrumento dentro de uma cultura, e quais as vantagens do instrumento acústico em relação ao digital actualmente.

A escolha desta área de investigação nasce de um interesse pessoal pelo tema e pela suspeita de que não seria algo comum investigar em design de produto, apesar dos instrumentos musicais se tratarem de objectos desenhados, suspeita que após uma pesquisa mais aprofundada se veio a confirmar.

## Objectivos da Investigação

A presente investigação teve como objectivo explorar a intersecção entre o som e o design de produto, com foco especial nos instrumentos musicais acústicos. Pretendeu-se:

Fazer um levantamento de conceitos físicos e acústicos indispensáveis para o projecto de instrumentos

Entender de que maneira evoluíram os instrumentos até agora e o que os leva a serem aceites ou rejeitados por uma determinada cultura, determinando o seu uso ou não

Desenvolver um projecto final que ponha em prática o conhecimento adquirido

Procurou-se expor a informação obtida de maneira simples e concisa, de forma a que qualquer pessoa possa compreender as bases de um projecto para um instrumento acústico.

## Estrutura do trabalho

A dissertação encontra-se dividida em cinco partes: a introdução, uma primeira parte relativa a conceitos da física do som e acústica, uma segunda parte relativa ao desenvolvimento de instrumentos musicais, uma terceira parte que diz respeito ao enquadramento do projecto prático e a conclusão.

## Metodologia

A metodologia principal desta dissertação foi a recolha de informação através de do estudo de monografias, artigos científicos, publicações online, e vídeos. Através destas fontes procurou-se informação sobre temáticas se pudessem

ser pertinentes, como o Design sinestésico, o *Sound Design*, o design de interacção para interfaces musicais, instrumentos acústicos experimentais, entre outros.

A metodologia do projecto prático teve como base a metodologia Double Diamond proposta pelo Design Council: Descobrir, Definir, Desenvolver, Entregar<sup>1</sup>.

A dissertação de mestrado foi escrita segundo a norma portuguesa NP 405.

---

<sup>1</sup>**What is the framework for innovation? Design Council's evolved Double Diamond**, (Em linha) Design Council, 2019. (Consulta a 22-10-2019). Disponível em<<https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>>

## Capítulo I - O som

## A audição

As sensações, em geral, são aquilo que é produzido pelos nervos ao receberem estímulos externos<sup>2</sup>. Essa informação é depois percebida pelos neurónios como sensações. No caso da audição, perceber as sensações sonoras implica o ouvido interno e externo e a forma como a informação é enviada ao cérebro<sup>3</sup>.

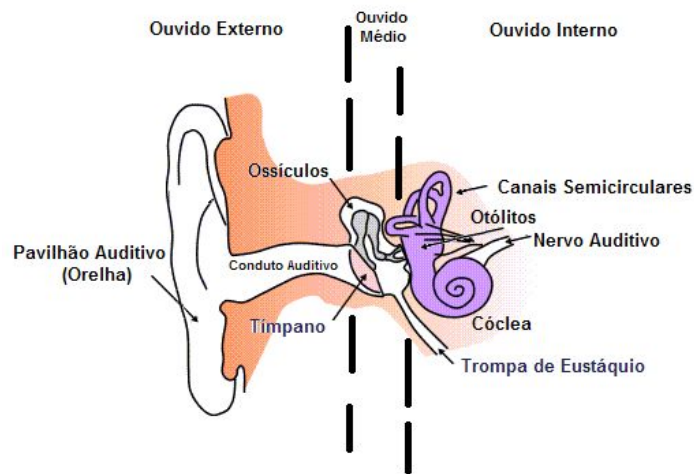


Figura 1 - Ouvido externo, médio e interno

A parte exterior do ouvido, a orelha, tem a função de guiar a onda acústica até ao tímpano. Através da oscilação das moléculas de ar no canal auditivo, a energia acústica chega até ao tímpano, e também ele oscila por reacção a esta energia. No entanto, o tímpano não é uma membrana que oscila livremente, mas sim um prato côncavo que está ligado às cartilagens da orelha através de membranas de colágeno. Portanto, para haver uma transmissão mais completa da energia acústica, está ligado a uma estrutura de elementos auxiliares que vão ampliar esta energia, sendo os primeiros os ossículos auditivos (martelo, bigorna e estribo). Estes, transferem as oscilações para o ouvido interior e

<sup>2</sup> HELMHOLTZ, H. L. F. **On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music.** In *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. 2009. p.7-8 (Em linha). (Consulta a 20-09-2019) Disponível em <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511701801>>

<sup>3</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach.** Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. p.71

encontram-se suspensos, através de ligamentos de colagénio, numa câmara de ar atrás do tímpano, que está também ligada à faringe através dos canais Eustachianos<sup>4</sup>. Esta câmara de ar, é então utilizada para fornecer uma compensação de pressão atrás do tímpano. Este sistema é necessário porque para o tímpano responder às ondas que chegam ao canal auditivo, precisa que a pressão seja a mesma do lado interno e do lado externo do ouvido.

Este processo é muito importante para uma boa percepção sonora, porque apenas este processo de variação de pressão dentro do ouvido leva à percepção do som. No caso de a compensação de pressão interna, em resposta ao estímulo da onda sonora, ser insuficiente, como por exemplo, quando se está constipado ou quando se mergulha, há um desequilíbrio que é percebido como “pressão” ou dor nos ouvidos e uma consequente diminuição na capacidade de audição<sup>5</sup>.

O ouvido interno tem como função analisar as frequências do som. Nele, existe um elemento encaracolado chamado cóclea que consiste em canais encaracolados cheios de fluido cerebrospinal (o mesmo líquido que existe no cérebro) no qual os estímulos gerados pelas ondas acústicas são convertidos em movimentos no líquido<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. pp.71-72

<sup>5</sup> Ibidem

<sup>6</sup> Ibidem

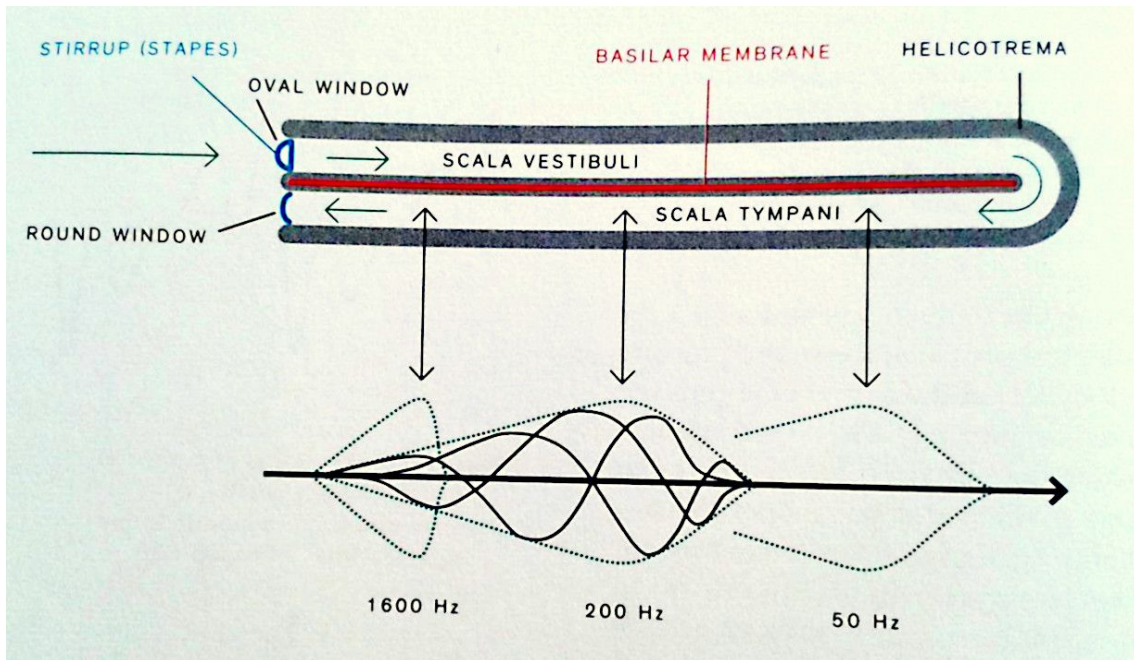


Figura 2 - Representação esquemática da cóclea desenrolada

Imaginando que a cóclea era completamente reta e não tinha o seu formato encaracolado, a sua secção longitudinal seria algo como o que está ilustrado pela figura 2<sup>7</sup>. Consiste em três canais, em que o superior e o inferior se encontram ligados através de uma pequena abertura chamada helicotrema. A membrana basilar é o que se chama às paredes do canal intermédio. Através de uma membrana na janela oval, as oscilações recebidas pelos meios explicados anteriormente estimulam a criação de ondas no fluido que preenche o canal superior (*scala vestibuli*). Estas ondas propagam-se pelo canal inferior (*scala tympani*) até à membrana que o sela (janela redonda). Estas agitações são sentidas na membrana basilar, que tem em toda a sua constituição células que são sensíveis a frequências sonoras. No entanto, ao longo do seu comprimento, essas células respondem e são mais, ou menos, agitadas em resposta a um campo limitado de frequências. Desta forma, as frequências mais altas são recebidas nas partes mais próximas das janelas dos canais, e as frequências mais baixas, na parte mais profunda, junto à helicotrema, como

<sup>7</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. pp.71-72

exemplificado na figura 2. Estas células também têm um papel de extrema importância no processo neuronal que maximiza a sensibilidade do ouvido interno e otimiza a separação do espectro sonoro para que seja melhor percebido pelas respectivas secções da membrana basilar. Só a partir da membrana basilar é que o estímulo acústico deixa de se transmitir por meio de uma onda e passa a ser transmitido por meio de uma corrente eléctrica para ser interpretado pelo cérebro. A figura 3 ilustra este percurso do estímulo acústico de forma simplificada. Através de vários nódulos, os nervos auditivos vão da cóclea ao córtex auditivo. Aqui também se procede por uma separação de frequências, sendo as frequências mais altas processadas no centro e nas traseiras do córtex, e as frequências mais baixas na frente e nos lados<sup>8</sup>.

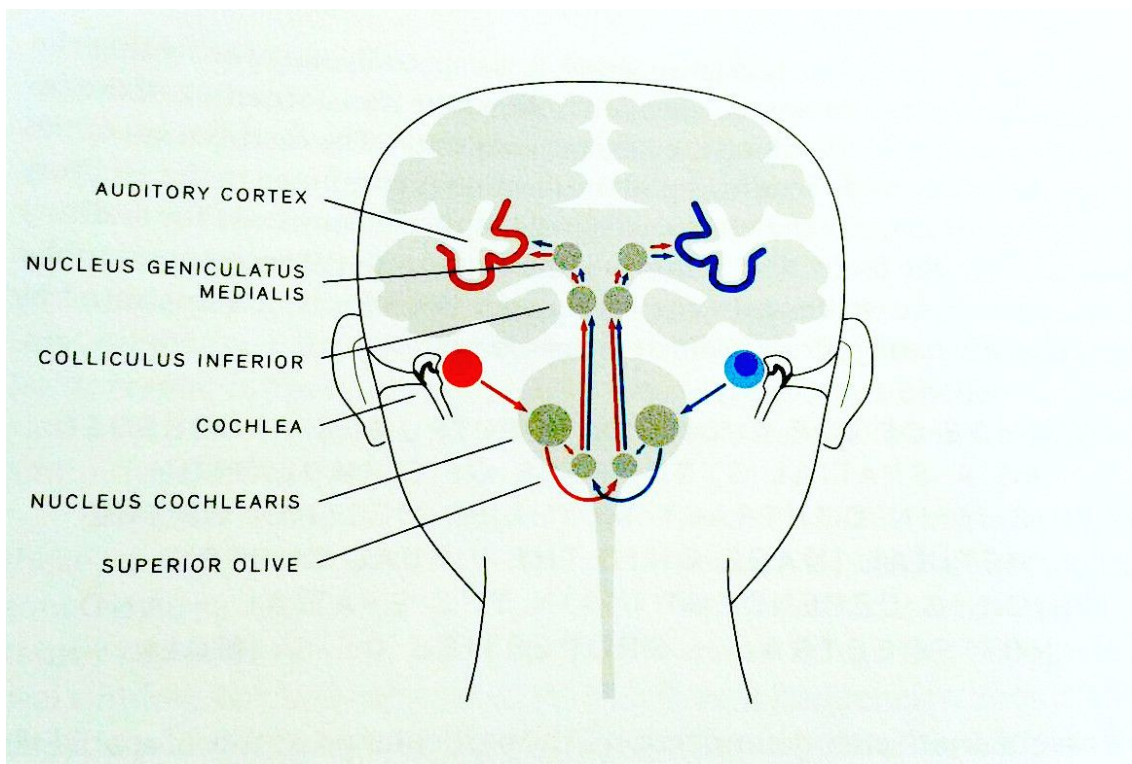


Figura 3 - Percurso do estímulo acústico no cérebro

A distribuição dos estímulos pelos nódulos do lado direito e do lado esquerdo é muito relevante na capacidade de identificar a origem do som espacialmente. Por outro lado, a sensibilidade auditiva é muito dependente das frequências.

<sup>8</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. pp.71-72

Não é possível ao ser humano ouvir frequências abaixo de 20Hz, no entanto se a amplitude da onda for elevada o suficiente, é possível sentir a vibração causada por ela. O limiar superior da capacidade auditiva humana vai até aos 20,000Hz<sup>9</sup> em jovens e crianças e vai descendo ao longo da vida para valores mais próximos de 15,000Hz e chegando abaixo de 10,000Hz, ou seja, metade ou ainda mais, da capacidade auditiva inicial.

---

<sup>9</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach.** Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. pp.71-72

## O que é o som?

O som, é um fenómeno físico que se manifesta através de ondas criadas pela oscilação das partículas que constituem corpos sólidos, líquidos, ou gasosos. O ouvido humano está adequado à percepção de ondas acústicas criadas por estas oscilações, e a expansão dessas ondas acústicas é possível através do movimento das moléculas no ar, criado pela oscilação de um corpo<sup>10</sup>. Ao existir a oscilação constante de um corpo, as moléculas que constituem o corpo, ao moverem-se, dão origem a uma reacção oposta nas moléculas do ar, que exercem forças resultantes umas nas outras, “empurrando-se” mutuamente segundo a oscilação do corpo, criando ondas acústicas que são detectadas pelo ouvido. Essa detecção ocorre mais concretamente com a existência de diferenças de pressão criada por esta deslocação de ar, como veremos mais à frente. Isto porque, as moléculas do ar, ao oscilarem, vão gerando zonas com diferentes densidades de moléculas, ou seja, zonas com diferentes pressões. As zonas onde as moléculas estão mais juntas são zonas de maior pressão. A distância, em metros, entre cada zona de maior pressão é chamada o comprimento de onda.

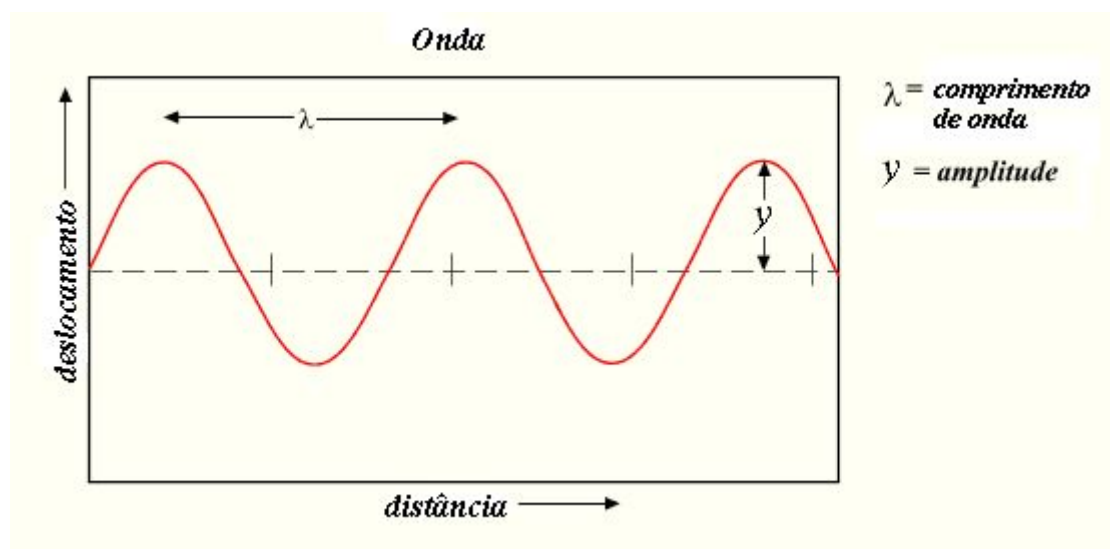


Figura 4 - Onda sonora

<sup>10</sup> **The Propagation of sound.** Em linha. Arquivado a 30-04-2015. Consulta a 10-09-2019. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20150430054640/http://pages.jh.edu/~virtlab/ray/acoustic.htm>>.

Para que o som seja percebido como constante, o corpo que o originou tem de ser estimulado, de modo a originar uma onda acústica uniforme. Se isto acontecer, e se não houver alterações de massa ou tensão no corpo oscilante durante a oscilação, que podem ser induzidas por acções exteriores (como por exemplo esticar a pele de uma tambor quando se percute, alterando a tensão, ou mover a posição dos dedos que pisam uma corda, alterando o comprimento de corda que está em vibração, e portanto, a massa) o período da onda acústica mantém-se estável. Diferenças na

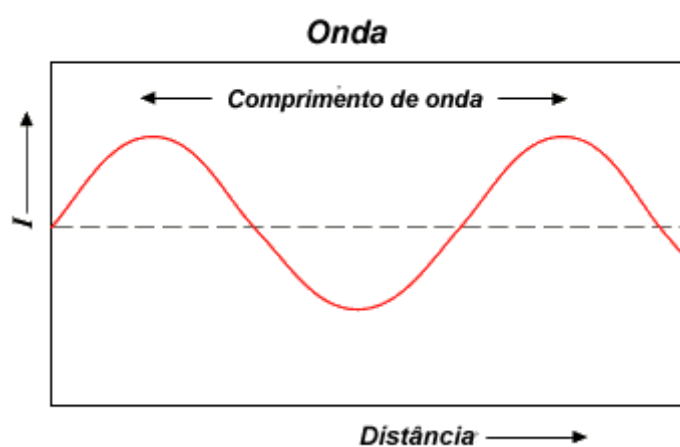


Figura 5 - Onda sonora: comprimento de onda

duração do período de uma onda acústica geram tons distintos (continuando o exemplo do tambor, o facto de esticarmos a pele dá a sensação de que o som desliza no sentido ascendente) , sendo que ondas com maior período têm uma menor frequência em Hz, gerando tons mais graves, e ondas com menor período têm maior frequência, gerando tons mais agudos<sup>11</sup>. A frequência está definida como o número de ciclos completos gerados por um corpo oscilatório, por segundo. Medido em Hz. Ex: 200 Hz=200 ciclos por segundo<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> HELMHOLTZ, H. **On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music.** In *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. 2009. p.25 (Em linha). (Consulta a 20-09-2019) Disponível em <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511701801>>

<sup>12</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.pp. 13-14

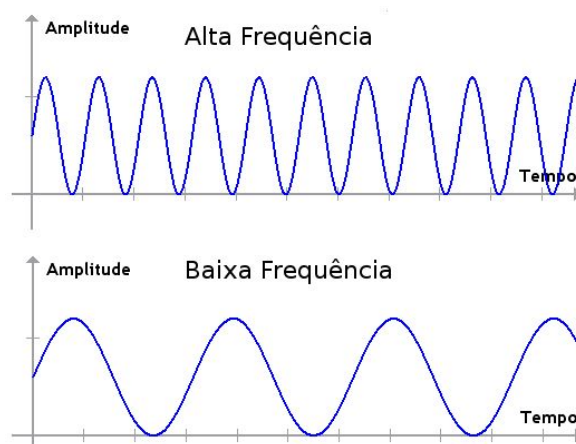


Figura 6 - Relação entre período e frequência de uma onda sonora

## Diferença entre som e ruído

Algo que é dos primeiros conceitos com os quais temos contato em relação às sensações de som são o conceito de ruído e o de tom musical. Pode-se considerar que esta distinção é feita fruto do contexto em que o acontecimento sonoro toma lugar e de um julgamento feito por um indivíduo que sente um estímulo acústico e o analisa, consciente ou inconscientemente, segundo parâmetros psicoacústicos do som. Estes parâmetros descrevem a qualidade percebida do som e referem-se à relação entre as características físicas do som e às sensações percebidas como resposta ao estímulo sonoro. Parâmetros importantes que se inserem nesta categoria são tais como: a altura, a aspereza, a agudeza, a distância a que a origem do som se encontra<sup>13</sup>

Esta diferença entre tom e ruído pode ser determinada empiricamente através da nossa percepção. Geralmente, o ruído é algo que tem alterações bruscas de intensidade e tom no som que produz. No caso do tom musical, é qualquer som cujas ondas têm um comprimento de onda constante, criando uma sensação de uniformidade.<sup>14</sup> Simplificando, podemos afirmar que o conceito de

<sup>13</sup> HELMHOLTZ, H. L. F. **On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music.** In *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. 2009. pp.7-8 (Em linha). (Consulta a 20-09-2019) Disponível em <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511701801>>

<sup>14</sup> Ibidem

tom é aplicável apenas para descrever sons cuja onda que os origina tem um período. Os sons para os quais não é possível definir um período constante, podem ser considerados como ruído, o que não os impede de serem utilizados em contexto musical, mas que num contexto acústico e sem alteração electrónica, os inviabiliza para a criação de música com conteúdo melódico.

## Som, notas e frequências sonoras

Como vimos anteriormente, o ouvido humano tem uma grande capacidade de captar um grande espectro de frequências, no entanto não as capta com a mesma sensibilidade, sendo frequências muito baixas e muito altas menos perceptíveis. As frequências mais fáceis de ouvir estão entre os 2,000Hz e os 5,000Hz, o que significa na prática que, por exemplo, se tocarmos duas notas usando a mesma força num teclado de piano, a nota que estiver dentro deste intervalo de frequências vai parecer soar mais alto do que uma que produzir um som fora desse intervalo de frequências.<sup>15</sup>

Cada frequência é percebida como uma nota. Aquilo que na teoria musical se chama de intervalo, corresponde, fisicamente, à diferença de frequências entre duas notas quaisquer. Em quase todas as culturas musicais, diz-se que um intervalo é igual a outro não por envolver as mesmas notas, ou as mesmas frequências exatas, mas pelo facto de as proporções entre as duas frequências serem iguais. Estas proporções são de grande importância na construção de qualquer instrumento e serão abordadas em maior detalhe mais à frente. Veremos também que tendo uma frequência dada, conseguimos calcular quais são as frequências que correspondem às notas que precisamos para construir um instrumento que nos dê as possibilidades de criatividade que pretendemos.

A constituição da maior parte dos sons é complexa e envolve muitas frequências em simultâneo. Assim, pode se dizer que uma nota tocada por um instrumento acústico é na verdade composta por múltiplas frequências, no entanto a frequência dominante, e a que caracteriza a nota, e é aquela que

---

<sup>15</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996. pp. 13-14

conseguirmos identificar empiricamente e imitar com a voz. Chama-se a esta frequência, frequência fundamental e por norma é a mais grave. Apesar de ser dada maior importância à frequência fundamental por ser a frequência que define a nota que identificamos, é a mistura de frequências que se influenciam entre si que dão a cada som o seu timbre particular, que para além de depender destas também depende de praticamente todos os componentes do instrumento. Quando não conseguimos identificar uma nota estável e imitá-la com a voz, consideramos que ouvimos um ruído e não um som com potencial melódico. No entanto, não quer dizer que não tenha um timbre ou carácter útil musicalmente, como é o caso dos rufos, maracas, castanholas e muitos outros instrumentos de percussão que não têm nenhum tom associado nem maneira de o controlar.

Quando há num som apenas uma frequência, normalmente estamos a ouvir um som criado electronicamente, porque no mundo natural, digamos assim, é difícil conseguir produzir uma frequência isolada, uma vez que o som é influenciado e determinado por tantos factores que quase sempre se geram outras frequências complementares que lhe dão o timbre e diferenciam o som. Há alguns casos de instrumentos em que são poucas as frequências simultâneas ou que comparativamente à frequência fundamental são demasiado ténues, como o caso da ocarina e algumas flautas, maioritariamente instrumentos de sopro<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 13-14

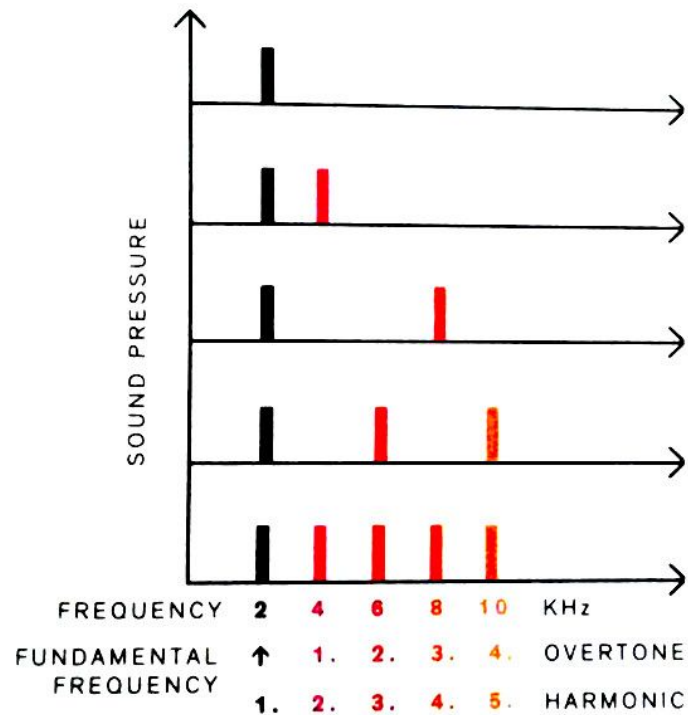


Figura 7 - Frequências de um som. Relação entre fundamental, harmônicos (harmonic) , frequências correspondentes a modos de vibração (overtones) e volume.

Frequência fundamental, frequências harmônicas e a série harmônica

Por outro lado, se há múltiplas frequências, por norma temos num só som: a frequência fundamental, e as frequências parciais, que podem ser harmônicas ou enarmônicas. A frequência fundamental é a frequência mais forte, normalmente a mais grave e também a mais identificável. Definem-se as frequências harmônicas como sendo as frequências que são múltiplas da

frequência fundamental. Por exemplo para uma frequência  $f$  as frequências harmônicas seriam  $2f, 3f, 4f, \text{etc}^{17}$ . É através da existência da série harmônica que é possível, por exemplo, a prática do canto gutural. A base do canto gutural é a manipulação de todo o aparelho fonador (todos os órgãos que participam na geração da voz) de forma a ter a capacidade de tornar uma determinada frequência harmônica mais proeminente e dar assim a sensação de se estar a ouvir duas notas diferentes (a frequência fundamental e uma determinada frequência harmônica). Desta forma, usando a série harmônica e sabendo através dela que notas é possível produzir através de frequências harmônicas para uma dada frequência fundamental, é possível a construção de escalas em harmônicos, e alternando entre diferentes frequências fundamentais, há assim vastas possibilidades de polifonia no canto gutural. Para que isto seja possível, é indispensável ir alterando as frequências fundamentais, isto porque para diferentes

Harmonic No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Interval	Unison	8ve	12th	2-8ves	2-8ves + M3rd	2-8ves + P5th	2-8ves + $\downarrow$ m7th	3-8ves	3-8ves + M2nd	3-8ves + M3rd	3-8ves + $\downarrow$ aug4	3-8ves + P5th
Frequency	130.8	261.6	392.4	523.2	654	784.8	915.6	1046.4	1177.2	1308	1438.8	1569.6
Pitch Name	$C_3$	$C_4$	$G_4$	$C_5$	$E_5$	$G_5$	$\downarrow B\flat_5$	$C_6$	$D_6$	$E_6$	$\downarrow F\sharp_6$	$G_6$

Figura 8 - Série harmônica

fundamentais, diferentes harmônicos e caso contrário não seria possível produzir todas as notas de qualquer escala musical (escala diatônica maior, menor,...). Com um misto das duas técnicas obtêm-se a capacidade de polifonia com a voz, que sem o uso desta técnica produz aparentemente apenas uma nota de cada vez.

<sup>17</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 13-14

No entanto, num cenário normal em que não é utilizada nenhuma técnica para fazer realçar as frequências harmónicas, elas fundem-se com a fundamental e dão uma sensação uníssona, enquanto que as enarmónicas não se combinam com as restantes frequências e dão um carácter mais exótico ao som. Estas características das frequências enarmónicas têm diferentes consequências importantes na estética de um som: em sons que possuem muitas frequências enarmónicas os resultados na percepção do timbre dependem de factores como: em que zona do espectro de frequências elas estão mais presentes, se

Characteristic Vibration Type	Perceived Pitch & Timbre Effect	Familiar Examples
Disordered pattern; no steady vibration present	Noise over a general frequency band reflecting the general frequency trend of the vibration	Maracas; radio static; rushing wind
Steady oscillation at a single frequency	Very definite pitch; round tone lacking any piquancy	Electronic beeps and boops; ocarinas (minus edge-turbulence sound)
Fundamental plus reasonably complete harmonic series	Very definite pitch; full, clear tone; degree of brilliance depends upon relative predominance of high overtones	Strings (when properly made and tensioned); most well-designed woodwinds & brass
Fundamental plus some harmonic overtones, but not a complete series	Very definite pitch; tone quality depends on which harmonics are present	Clarinet lower register; marimba bars whose overtones have been tuned
Fundamental plus imperfectly tuned harmonic overtones	Fairly definite pitch, but perceived pitch may be slightly off the actual fundamental frequency. Tone quality somewhat rougher than it would be with true harmonics	This effect is present in most strings & winds to some degree; most pronounced in poorly made woodwinds & brass or strings that are poorly made, too stiff, badly worn, or under insufficient tension
Strong fundamental with non-harmonic partials widely spaced near the bottom	Definite pitch with peculiar or piquant tone quality depending on what the partials are relative to one another	Marimba bars with un-tuned overtones; tuned drums; carillon bells
Several non-harmonic frequencies, closely spaced near the bottom	Ambiguous pitch; one or another pitch may seem to dominate at different times; may sound chordal, or may sound muddy or jangly	Some triangles; some gongs; some scrap metal, some prepared or highly irregular strings
Many non-harmonic frequencies closely spaced	No predominant pitch; tone quality depends upon the particular mix	Well-made cymbals; some triangles; some gongs
Prominent fundamental plus lots of noise and/or inharmonic partials, with or without some harmonic overtones	Identifiable but rough pitch; pronounced timbral qualities dependent on the particular mix of components	Some snare drums; kitchen blender; some scraping sounds

Tabela 1 - Relação entre características da vibração e efeito na percepção do timbre

estão mais afastadas umas das outras ou se se concentram em maior número numa pequena zona do espectro. Pode-se ter uma ideia das consequências práticas destas diferenças nas composições dos sons através da tabela 1.

## Oscilação

Como já abordamos, para produzirmos sons com potencial melódico precisamos de ter uma frequência estável. E para isso, o corpo oscilatório tem de gerar uma oscilação estável. Podemos definir oscilação como um movimento que se repete regular ou irregularmente durante um dado espaço de tempo<sup>18</sup>. Sendo assim, há três factores em causa: a deslocação do objecto; a força que iniciou o movimento; a força contrária ao movimento. No contexto da construção de instrumentos musicais, a força contrária ao movimento mais relevante é a resiliência <sup>19</sup> e elasticidade<sup>20</sup> dos materiais que compõem o instrumento, especialmente do corpo oscilante. A força que inicia o movimento, dependendo do tipo de instrumento, normalmente é controlada pelo instrumentista, ou aleatória em alguns instrumentos experimentais como por exemplo a torre musical projectada por Charles e Ray Eames<sup>21</sup>. A duração da deslocação do corpo oscilante depende na sua maioria da sua inércia <sup>22</sup> e da resiliência dos pontos de fixação ao resto do instrumento. Uma vez que a inércia actua em função da massa do corpo, podemos seguir duas regras gerais<sup>23</sup>:

---

<sup>18</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 25.

<sup>19</sup> Ibidem, pp. 25-26

<sup>20</sup> Ibidem, p. 246

<sup>21</sup> Ver figura

<sup>22</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 338

<sup>23</sup> NEWTON, Isaac , **Newton's Principia : the mathematical principles of natural philosophy**, New York: Daniel Adee,1846. p. 72

**maior força contrária à oscilação - frequência mais alta;**

**maior massa - frequência mais baixa.**

Isto quer dizer que, por exemplo, nas cordas de uma guitarra, quanto maior for a tensão exercida sobre elas, ou quanto mais esticadas elas estiverem, a nota resultante vai ser mais aguda do que uma nota produzida pela mesma corda, mas sob uma tensão mais baixa (a mesma corda, mas menos esticada). Ou seja:

**maior tensão > maior força contrária à oscilação > maior frequência >  
nota aguda.**

Por outro lado, quanto maior for a massa da corda, mais energia é necessária para a mover, logo mais tensão é necessária para esta corda produzir a mesma nota que a corda de que falávamos anteriormente.

É usando estes princípios que as cordas de uma guitarra podem ter todas o mesmo comprimento e estar sobre tensões relativamente parecidas, no entanto produzem notas muito diferentes, em termos de frequências. É porque têm áreas de secção transversal diferentes. Quanto mais baixa a nota, mais grossa a corda. Isto facilita muito a usabilidade do instrumento, uma vez que permite, digamos, standardizar a mudança das notas produzidas, pisando a corda com os dedos nas zonas marcadas pelos trastes. Desta forma não tem que se mudar a posição da mão inteira quando se quer mudar de nota em diferentes cordas, apenas mover os dedos na vertical. Possibilitando também pisar múltiplas cordas ao mesmo tempo sem esforço, algo indispensável para produzir acordes no caso da guitarra. Caso as cordas de uma guitarra tivessem

todas a mesma área de secção transversal, teriam de ter comprimentos diferentes, e por consequência não seria possível ter as zonas que se devem pisar para obter outra nota noutras cordas todas alinhadas.



Figura 9 - *Eames Musical Tower* em exibição na exposição *The World of Charles and Ray Eames*, na Barbican Art Gallery, Londres, 2016.

## Ressonância

Todos os corpos têm uma frequência, chamada a frequência de ressonância, à qual tendem a vibrar. Essas oscilações naturais são diferentes das oscilações criadas pela acção de uma força externa, que acontecem a uma frequência determinada por essa força. No caso das oscilações naturais, acontecem apenas à frequência a que o objecto tende a vibrar. Se a frequência resultante de uma força externa for igual à frequência natural, a amplitude das vibrações, em conjunto, aumenta muitas vezes em relação à amplitude original. A este fenómeno dá-se o nome de ressonância<sup>24</sup>. Assim, digamos que temos uma

---

<sup>24</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 338

barra de madeira que percutimos e cujo som queremos amplificar analogicamente. Para isso, devemos ter um corpo cuja frequência natural corresponda à frequência que a barra emite quando percutida. De seguida, devemos identificar os pontos da barra que constituem os nódulos, como veremos mais à frente. Estes pontos movem-se pouco durante a oscilação, e portanto podem servir como pontos de apoio à barra. Ou seja: serão pontos onde a barra pode estar em contacto com outro objeto sem que a oscilação seja muito diminuída, devido ao facto de que quase não oscilam mas sim servem como pivot da vibração. De igual forma, vamos identificar os anti-nódulos, ou seja, os pontos que mais se movem durante a oscilação. Será directamente debaixo do primeiro anti-nódulo do primeiro modo de vibração que devemos colocar o corpo que vai servir de caixa de ressonância, para que a oscilação da barra transmita a maior energia possível à caixa de ressonância. Isto vai excitar a frequência natural da caixa de ressonância e amplificar o som. No caso da marimba, cada barra tem um tubo metálico por baixo, que tem uma frequência natural e responde apenas a essa frequência, e a alguns harmónicos<sup>25</sup>. No entanto, na maior parte das caixas de ressonância, há um espectro de frequências que criam oscilação na caixa, mantendo sempre a maior amplificação nas frequências próximas à frequência natural da caixa.

## Caixas de ressonância

Os dois principais requisitos para que as caixas de ressonância cumpram o seu papel de amplificar o som são: ter a capacidade de mover um grande volume de ar quando vibra, e tem de conseguir captar a vibração do componente do instrumento que vibra ( lamela, corda, membrana...)<sup>26</sup>

De forma a ter a capacidade de movimentar muito ar, deve ter uma boa quantidade de área superficial em contacto com o ar, e o material deve ser rígido o suficiente de maneira a permitir que as vibrações que lhe são

---

<sup>25</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 29

<sup>26</sup> Ibidem, pp. 210-216

transmitidas se espalhem por toda a superfície do material e não se dissipem apenas nas áreas de contacto com a vibração. Pequenas superfícies não têm a capacidade de amplificar comprimentos de onda maiores (notas mais graves). Uma regra comum é que uma superfície de amplificação deve ser maior que metade do comprimento de onda da nota mais grave do instrumento.<sup>27</sup> Esta regra é no entanto só um guia, pois pode ser contornada usando modificações no design da caixa. Por exemplo, segundo esta regra, a caixa de ressonância de um contrabaixo teria de ter por volta de quatro metros na sua medida mais pequena, quando na realidade a caixa de ressonância de um contrabaixo tem pouco mais de um metro na sua medida maior. Neste caso a ressonância é amplificada aceitavelmente recorrendo às aberturas em f, que por serem pequenas ajudam à amplificação de frequências mais baixas.

A massa e rigidez da caixa de ressonância têm de permitir que faça o seu trabalho de intermediário, não pode ser tão pesado e rígido que a vibração não se espalha, nem tão leve e adaptável que a sua rigidez é comprometida pela própria vibração transmitida. Em geral, para situações em que o componente que inicia a vibração é leve, a melhor solução é tipicamente dirigir a vibração para uma superfície leve. Para situações em que o componente que inicia a vibração tem mais massa, pode ser benéfico incluir um componente intermédio também ele pesado que esteja ligado a uma estrutura mais leve e fina que faça a maior parte do trabalho de amplificação<sup>28</sup>. É incomum encontrar este tipo de mecanismo em uso mas está presente por exemplo no *Cristal Baschet*.

As caixas de ressonância comportam-se de forma diferente consoante os seus materiais e formas. Os princípios para que funcionem estão expostos acima, mas há vários *templates* de caixa de ressonância que a história dos instrumentos nos pode fornecer. No caso das caixas de ressonância feitas de madeira, como as guitarras, violinos, há a tradição clássica de incluir curvas, quer seja nos lados da caixa ou mesmo nos tampos. Isto tem duas utilidades: por um lado, incluir curvas na estrutura torna-a mais coesa, tensionando um

---

<sup>27</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.pp. 210-216

<sup>28</sup> Ibidem

pouco o material, o que é útil também porque lidamos com material fino e leve, e por outro lado, incluir superfícies curvas quer dizer aumentar a área da superfície em contacto com o ar, de forma a amplificar mais o som. No entanto é perfeitamente possível fabricar caixas de ressonância com outras formas. É possível fazer um violino com uma caixa de ressonância em contraplacado, não é requerido usar madeiras exóticas e esculpir as peças à mão, medindo com micrómetro. Um exemplo disso é o violino trapezoidal Savart.

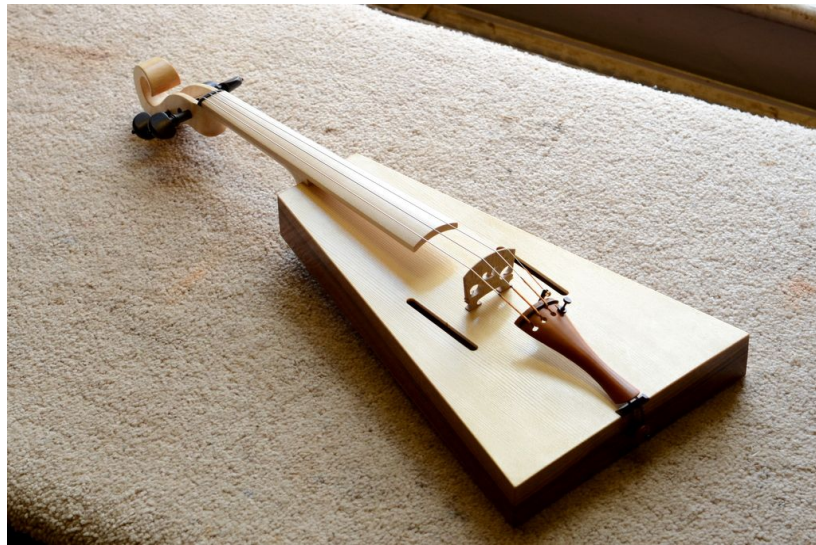


Figura 10 - Violino trapezoidal Savart

As caixas de ressonância feitas de madeira passam tradicionalmente por um processo de afinação da caixa, para garantir que tendem a ressoar dentro das frequências que é suposto. Este processo pode passar por incluir barras nos tampos, de modo a aumentar a massa ligeiramente e também ajudar à transmissão das vibrações pelo instrumento, ou por outro lado pode-se recorrer à abertura ou à cobertura dos orifícios do tampo da caixa.

Existem ainda caixas feitas de cabaças, em que a estrutura esférica ajuda à transmissão e reflexão nas paredes internas das vibrações. Por esse motivo a superfície interior deve ser uniforme e lisa, podendo aplicar se acabamentos artificiais para esse fim. O tampo nestes casos pode ser de madeira ou de membrana.

Outro material viável é o metal, material que conduz bem a vibração por natureza, o que é uma vantagem e desvantagem neste caso. O metal facilmente sobrepõe as suas próprias frequências àquelas que deveria amplificar, podendo gerar problemas.<sup>29</sup> No entanto é uma solução possível, como se pode ver com os vários instrumentos rústicos que recorrem a latas de vários tamanhos como caixas de ressonância.

## Modos de vibração

Como já abordamos, a oscilação de um corpo resulta na emissão de várias frequências percebidas como um som. Essas frequências acontecem simultaneamente, mas normalmente há uma que se sobrepõe (a fundamental). Há também formas de realçar as frequências parciais. E ainda há as frequências parciais que pela natureza da frequência fundamental, são mais identificáveis (frequências harmônicas). Ao nível físico e aparente, esta variedade de frequências é produzida por diferentes modos de vibração a acontecer simultaneamente<sup>30</sup>. De maneira a ilustrar este conceito, veja-se o exemplo de uma corda de guitarra, fixa em duas extremidades. Cada modo diferente corresponde a um padrão de vibração diferente da corda. O primeiro modo será o modo em que toda a corda vibra, e não existe nenhum ponto que não se mova ligeiramente à excepção das duas extremidades fixas da corda. O primeiro modo de vibração de um corpo tem como resultado a frequência fundamental. O segundo modo de vibração, será algo parecido ao segundo modo da figura 12, em que já existe um ponto a meio da corda que não se move, fica no mesmo sítio à medida que a vibração acontece - chama-se a este ponto nóculo<sup>31</sup>. A frequência neste caso é maior, porque faz a corda deslocar-se mais rapidamente. Teoricamente, a frequência produzida pelo

---

<sup>29</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.pp. 210-216

<sup>30</sup> Ibidem. pp. 35-36

<sup>31</sup> Ibidem, p. 29

segundo modo corresponde à nota uma oitava acima da nota da frequência fundamental (primeiro modo). Ao terceiro modo corresponderá uma nota uma décima segunda acima da nota da frequência fundamental, e teria dois nódulos sem contar com os dois pontos de fixação. Em teoria, para sabermos que nota corresponde a cada modo, consulta-se a série harmónica pois a nota de um dado modo  $n$  de vibração será sempre a  $n$  nota da série harmónica, a contar a partir da frequência fundamental que temos<sup>32</sup>.

Nos instrumentos de corda tocados à mão como a guitarra pode-se comprovar este fenómeno de forma bastante fácil: tocando uma corda solta, e de seguida, tocando a mesma corda com um dedo ligeiramente sobre o ponto médio da corda, retirando o dedo desse ponto quase de imediato. O que acontece é que, ao colocarmos o dedo sobre o ponto médio da corda (o ponto que corresponde ao nódulo do segundo modo), estamos a fazer duas coisas: por um lado, a inibir a vibração do primeiro modo, porque estamos a pôr o dedo exatamente no ponto onde este modo “quer” vibrar mais, impedindo-o de se sobrepôr aos restantes modos; por outro lado, estamos a limitar o movimento da corda num ponto em que, no segundo modo de vibração, a tendência é a de haver o menor movimento possível, ou seja, estamos a encorajar este modo de vibração, essencialmente porque a presença do nosso dedo sobre o nódulo do segundo modo inibe todos os outros e desta forma, realça-o. Retira-se o dedo logo de seguida apenas para não inibir o movimento da corda mais do que o necessário e para deixar a ressonância amplificar a frequência que obtemos.

De mencionar que estes modos de vibração são divididos em dois tipos: transversais e longitudinais, relativamente à direcção em que a vibração se propaga no material. Os modos de vibração longitudinais apenas se propagam em sólidos<sup>33</sup>.

Um exemplo de um instrumento experimental que faz uso das vibrações longitudinais é o *Long String Instrument*, de Ellen Fullman. A construtora de instrumentos estava a explorar que sons conseguiria obter com cordas de

---

<sup>32</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996, pp. 39-41

<sup>33</sup>Ibidem.pp. 41-42

comprimentos muito grandes, na ordem dos 25 metros, 50 metros, 100 metros, quando reparou que quando deslizava as mãos pelas cordas esticadas, surgia um tom inesperadamente claro. Ao correr os dedos pelas cordas, ao contrário de as puxar transversalmente, estava a gerar uma vibração longitudinal, que neste caso podia ser ouvida dados os grandes comprimentos das cordas. Caso tentássemos o mesmo com cordas de uma guitarra por exemplo, não ouviríamos nada. As vibrações longitudinais propagam-se extremamente rápido em sólidos. Ellen Fullman decidiu usar esta experiência na forma de um instrumento experimental, com as cordas ligadas a uma caixa de ressonância numa das pontas, que toca em performances, usando os dedos polvilhados da mesma resina que se usa nos arcos.



Figura 11 - Ellen Fullman toca o seu *Long String Instrument* durante uma performance em Los Angeles, EUA, 2017

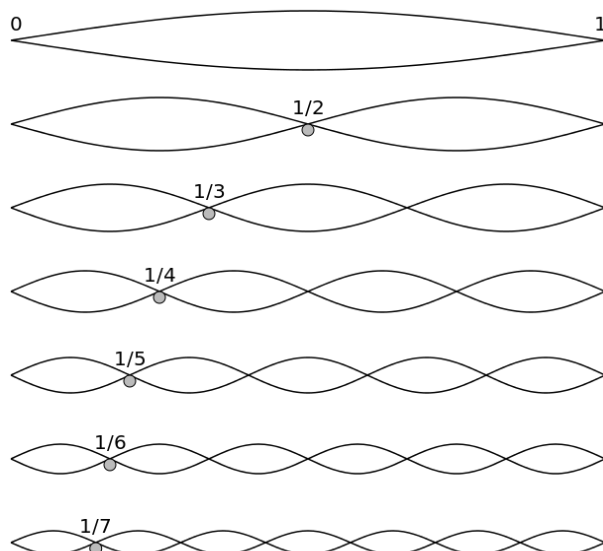


Figura 12 - Modos de vibração e nódulos numa corda

## Timbre e formas de exploração do timbre

Já vimos que uma das características que mais contribui para a definição do carácter de um som, são as frequências que produz. A maneira como a frequência fundamental interage com as restantes e o facto de existirem frequências harmónicas, ou de todas as frequências serem enarmónicas em relação à fundamental<sup>34</sup>. Apesar de ser um factor primário, não é o único. Outros factores de grande influência incluem os materiais utilizados no instrumento e o tipo de instrumento classificação Hornbostel-Sachs. Os idiofones, por exemplo, tendem a não ter frequências harmónicas, mas por outro lado, produzem frequências enarmonicas que lhes dão um carácter mais interessante, podemos dizer até mais exótico. Em relação aos instrumentos de corda e sopro a maioria deles tem frequências harmónicas.<sup>35</sup> Instrumentos como a *kalimba* ou a *mbira* tem frequências enarmonicas de curta duração e

<sup>34</sup> HOPKIN, Bart. **Overtone harmonic and inharmonic**. Em linha. Consulta a 15-08-2019 Disponível em: <<http://barthopkin.com/overtone-harmonic-and-inharmonic/>>.

<sup>35</sup> Ibidem.

grande espaçamento entre si, o que confere ao som uma certa “cor” muito característica.

Numa experiência de Bart Hopkins, o investigador decidiu explorar a mudança de carácter do som de uma corda de guitarra adicionando pesos em diferentes pontos da corda<sup>36</sup>. A presença do peso, dependendo da sua localização, inibe em quase todas elas a fundamental, levando a uma percepção mais acentuada das frequências enarmonicas. O objectivo é encontrar pontos em que a presença do peso desbloqueia timbres agradáveis e inesperados. Este trabalho, apesar de na sua teoria ser muito técnico, é na verdade muito empírico e fortemente dependente da experimentação e tentativa-erro. Existem estudos que analisam as possibilidades de frequências harmónicas em idiofones de uma perspectiva matemática e o resultado é conseguido, mas pelo facto de não haver dois pedaços de material exactamente igual, um instrumento para atingir o seu potencial pleno depende sempre de um ajuste feito pelo constructor<sup>37</sup>.

## Sistemas de afinação e *layout* de frequências

No que diz respeito à afinação, há que abordar os temas da escolha da escala, escolha do modo de afinação, e escolha do *layout* das notas no próprio instrumento.

Estes temas, para além da forma, são os que mais impactam a usabilidade do instrumento. Por outro lado, a escolha da escala é um factor que em conjunto com o timbre pode melhorar ou piorar a percepção da qualidade do instrumento.

---

<sup>36</sup> HOPKIN, Bart. **Overtone harmonic and inharmonic**. Em linha. Consulta a 15-08-2019 Disponível em: <<http://barthopkin.com/overtone-harmonic-and-inharmonic/>>

<sup>37</sup> LEGGE, K. ; PETROLITO, J. **Designing idiophones with tuned overtones** in *Acoustics Australia*, Vol.35. August 2007. p. 49. Em linha. Consulta a 30-09-2019. Disponível em: <[https://www.acoustics.asn.au/journal/2007/2007\\_35\\_2\\_Legge\\_Petrolito.pdf](https://www.acoustics.asn.au/journal/2007/2007_35_2_Legge_Petrolito.pdf)>

Os instrumentos musicais ocidentais estão na sua grande maioria afinados segundo a escala cromática: Doze notas por escala (Dó, Dó#/Ré $\flat$ , Ré, Ré#/Mi $\flat$ , Mi, Fá, Fá#/Sol $\flat$ , Sol, Sol#/Lá $\flat$ , Lá, Lá#/Si $\flat$ , Si). Por outro lado, para especificar exactamente de que frequência falamos quando dizemos uma nota, precisamos de saber qual é o registo. A título de exemplo, a frequência utilizada como referência para a afinação, é a nota lá, A4=440Hz<sup>38</sup>, também conhecida como o lá seguinte ao dó central (na notação internacional, C4)<sup>39</sup>. É a nota dada pelo diapásão, instrumento de precisão em forma de forquilha cuja função é apenas fornecer essa mesma frequência para afinação de instrumentos. Os registos musicais estão definidos segundo esta notação chamada *Scientific Pitch Notation* ou SPN (notação científica de frequências musicais). A escala central é a escala de C4 a B4, o dó acima é já o C5 e a escala abaixo começa no C3. Cada instrumento tem o seu alcance característico em termos de que frequências consegue produzir. Este alcance foi sendo regulado ao longo dos anos por várias razões: por um lado, por questões práticas relacionadas com a construção dos instrumentos, pois só é viável a uma tipologia de instrumento uma dada tessitura<sup>40</sup>. Por outro lado, as tessituras dos instrumentos foram sendo alinhadas de modo a que formassem grupos harmoniosos, como quartetos de cordas e a própria orquestra. O quarteto de cordas é um bom exemplo porque temos um violoncelo (tessitura correspondente ao elemento baixo-barítono) uma viola (tenor) e dois violinos (contralto e soprano). Incluí-se uma lista nos anexos onde se pode encontrar as tessituras dos instrumentos ocidentais mais comuns. No entanto, na música e nos instrumentos feitos fora do mundo ocidental, são frequentemente usadas outras escalas com lógicas muito diferentes da standardização que se criou com a escala cromática. Fabricar um instrumento é também ter a liberdade de escolher se se quer seguir os *layouts* já existentes, criar um novo, ou até deixá-lo ser aleatoriamente definido por um factor externo.

---

<sup>38</sup> **ISO 16:1975 Acoustics – Standard tuning frequency (Standard musical pitch).**

International Organization for Standardization. 1975, p.2

<sup>39</sup> YOUNG, Robert. **Terminology for Logarithmic Frequency Units**. Journal of the Acoustical Society of America. 1939, p.37

<sup>40</sup> Ver glossário

O tema da afinação, historicamente, é um tema extenso e complexo. A afinação, quando discutida neste contexto dos *layouts* de frequências e escalas, é mais chamada de temperamento, para não ser confundida com a afinação corrente, de manutenção do instrumento. A escala cromática

<b>Tonic:</b>	$1/1 * 49.0 = 49.00\text{Hz}$
<b>Major 2nd:</b>	$9/8 * 49.0 = 55.12\text{Hz}$
<b>Major 3rd:</b>	$5/4 * 49.0 = 62.25\text{Hz}$
<b>Perfect 4th:</b>	$4/3 * 49.0 = 65.33\text{Hz}$
<b>Perfect 5th:</b>	$3/2 * 49.0 = 73.50\text{Hz}$
<b>Major 6th:</b>	$5/3 * 49.0 = 81.67\text{Hz}$
<b>Major 7th:</b>	$15/8 * 49.0 = 91.88\text{Hz}$
<b>Octave:</b>	$2/1 * 49.0 = 98.00\text{Hz}$

Tones per Octave	C	1/C
5	1.1487	.8706
6	1.1225	.8909
7	1.1041	.9057
8	1.0905	.9170
9	1.0801	.9259
10	1.0718	.9330
11	1.0650	.9389
12	1.0595	.9438
13	1.0548	.9481
14	1.0501	.9517
15	1.0473	.9548
16	1.0443	.9576
17	1.0416	.9600
18	1.0393	.9622
19	1.0372	.9641
20	1.0353	.9659
21	1.0336	.9675
22	1.0320	.9690
23	1.0306	.9703
24	1.0293	.9715
31	1.02281	.97789
36	1.01944	.98093
41	1.01705	.98324
53	1.01316	.98701
72	1.009674	.990419

Figura 13 - Cálculo das frequências em temperamento justo: procede-se multiplicando a frequência da primeira nota da escala pelas proporções correspondentes aos intervalos desejados. A tabela corresponde a uma escala maior, em que os intervalos entre cada nota não são iguais.

Figura 14 - Cálculo das frequências em temperamento igual: dependendo de com quantas notas com intervalos iguais entre si queremos construir a escala, vai-se multiplicando pelo factor C ou pelo factor 1/C no caso de estarmos a construir a escala no sentido descendente.

(12 semitons) é relativamente recente na história da música, mas desde a sua criação que foi gradualmente dominando com grande margem todos os outros sistemas de afinação, sendo tão dominante hoje em dia que o público em geral não sabe que existem outros sistemas de afinação. Pode-se deduzir que a principal razão para a sua popularidade seja que esta forma de afinação divide uma oitava em doze intervalos iguais, tornando o fabrico e até a composição musical mais simples e conveniente. Chama-se ao sistema que a cria a afinação de 12 semitons, temperamento igual. Em oposição, a afinação mais usada até à chegada do temperamento igual era o temperamento justo<sup>41</sup>.

No entanto, a divisão em intervalos iguais simplifica apenas em termos práticos, porque em termos musicais e a nível de frequências, o temperamento justo usa proporções com origem em números inteiros, tendo como forte o facto de se focar nas frequências das notas e construir a escala usando divisões que caem exactamente na frequência certa. Assim, musicalmente, o resultado fornecido pelo temperamento justo é o mais desejável, por usar proporções de números inteiros e obter frequências exactas. A grande desvantagem é que estas divisões não são regulares, e por isso, ao construir um instrumento desta forma, pode não haver a possibilidade de tocar música que use outra escala ou mesmo fazer modelações, que é aquilo que na teoria musical se chama ao acto de mudar de escala a meio de uma música.

Essencialmente, com o temperamento justo o instrumento fica limitado a tocar na escala em que foi construído. Há alguns instrumentos ainda populares hoje que não oferecem a possibilidade de tocar qualquer escala, usando apenas uma fixa, e mantêm um carácter muito particular, em parte como resultado dessa decisão, como a harmónica e a *kalimba*. Por outro lado a maior desvantagem do temperamento igual é que as divisões, sendo iguais, não caem na frequência exacta, o que aconteceria com o temperamento justo. Correntemente, isto não é algo que seja apreciável empiricamente. Para quem tem o ouvido treinado, consegue notar a diferença ouvindo intervalos de terceiras e sextas, que num instrumento usando o temperamento justo soam de

---

<sup>41</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996. p. 53-55

forma mais uníssona do que em instrumentos que usam o temperamento igual, precisamente por causa da pequena diferença de frequências entre uma e outra.

## Capítulo II: Design e som

## Breve história dos instrumentos musicais

Um instrumento musical é por definição qualquer objecto criado ou adaptado com a intenção de produzir sons com utilidade musical. É através da intenção de uso e do contexto em que se insere que o objecto se torna um instrumento musical, sendo frequente o uso de baldes, colheres, pratos e outros objectos como instrumentos de percussão<sup>42</sup>.

Os primeiros instrumentos musicais terão sido desenvolvidos para participarem em rituais e não para entretenimento<sup>43</sup>, como por exemplo tocar uma corneta de búzio para anunciar o início da caçada. Em termos históricos, pensa-se que os primeiros instrumentos seriam feitos a partir de objectos encontrados, conchas, búzios, ossos. Suspeita-se que tenha havido instrumentos há já 67 000 anos atrás, mas a data mais consensual entre os arqueólogos é 37 000 anos. Foram encontrados em vales da Eslovénia e Alemanha vestígios de flautas entre 67 000 e 37 000 anos respectivamente, atribuídas ao período Paleolítico Superior<sup>44</sup>. Em escavações em Ur, na Suméria, actual Iraque, foram descobertos instrumentos como liras, harpas, flautas, címbalos e instrumentos que parecem ser antepassados da gaita de foles.

Na etnomusicologia, é consensual que não é possível determinar de forma precisa a cronologia do aparecimento de instrumentos musicais. Não é possível fazê-lo comparando a complexidade das diferentes versões de instrumentos, porque diferentes culturas evoluem a ritmos diferentes e por vezes têm acesso a materiais e ferramentas diferentes<sup>45</sup>. Está-se dependente do encadeamento de informação entre artefactos, menções literárias e representações artísticas para tentar datar os artefactos. Por outro lado, não existe um momento exacto de invenção de um instrumento musical, porque a definição de instrumento musical pode ser diferente para o etnomusicólogo e para o inventor do próprio

---

<sup>42</sup> SACHS, Curt, **The History of Musical Instruments**, Dover Publications, 1940, p.297

<sup>43</sup> RAULT, Lucie, **Musical Instruments: A Worldwide Survey of Traditional Music-making**, Thames & Hudson Ltd, 2000. p.34

<sup>44</sup> CHASE, Phillip; NOWELL, April, **Taphonomy of a Suggested Middle Paleolithic Bone Flute from Slovenia**, Current Anthropology 39, no. 4 (August/October 1998), pp.549-553

<sup>45</sup> SACHS, Curt, **The History of Musical Instruments**, Dover Publications, 1940, p.61

instrumento. Um *Homo Habilis* a bater com um pau noutro pode estar a criar algo que vem a ser um instrumento musical, sem ter sido essa a sua intenção inicial<sup>46</sup>. Os primeiros usos para os instrumentos foram rituais e cerimónias, principalmente usando percussões para acompanhar danças rituais. Na pré-história, foram desenvolvidos instrumentos musicais capazes de criar melodias, e num processo de evolução semelhante à reduplicação da linguagem, os utilizadores dos instrumentos primeiro desenvolveram a repetição, e só depois a organização.<sup>47</sup> Xilofones simples surgiram no Sudoeste Asiático durante este período, espalhando-se pela Europa e África. Outros instrumentos que surgiram durante este período são versões da harpa, do arco e da harpa do judeu, usando madeira e fios feitos de fibras vegetais.

Durante a Antiguidade, na Suméria e Babilónia originou-se a distinção entre instrumentos populares e instrumentos profissionais, devido à divisão do trabalho<sup>48</sup>. Por volta de 2700 AC no Egipto, não foram encontrados instrumentos que não fossem já conhecidos, sendo similares aos instrumentos Mesopotâmicos.

Na Grécia Antiga, o desenvolvimento de instrumentos ficou aquém dos feitos arquitetónicos, apesar dos instrumentos simples como as liras e flautas terem um papel importante na sociedade<sup>49</sup>.

Na China, a música no período de Confúcio (551-479 AC) era vista como uma parte essencial da sociedade, construindo comunidade e carácter.

Na Idade Média, os povos Islâmicos e Persas aperfeiçoaram instrumentos de corda e címbalos, assim como oboés e instrumentos de sopro. A gaita de foles surge por volta do séc. IX. Na Europa, os instrumentos também ficaram mais sofisticados, havendo desde o ano 800 instrumentos com a capacidade de polifonia<sup>50</sup>.

---

<sup>46</sup> SACHS, Curt, **The History of Musical Instruments**, Dover Publications, 1940, p.297

<sup>47</sup> Ibidem, pp.52-53

<sup>48</sup> Ibidem, p.67

<sup>49</sup> Ibidem, p.168

<sup>50</sup> KARTOMI, Margaret, **On Concepts and Classifications of Musical Instruments**, University of Chicago Press, 1990, p.124

Durante a Renascença o desenvolvimento de instrumentos foi dominado pelo Ocidente. Os instrumentos deixam de ter como único propósito o acompanhamento de canto e dança. Começou-se a compor música para instrumentos a solo e as composições foram aumentando em complexidade. A polifonia torna-se cada vez mais popular como técnica de composição<sup>51</sup>.

No século XVI a maioria dos instrumentos ocidentais ganharam a forma que apresenta hoje. O fabrico de instrumentos começou a desenvolver os cânones que mantêm hoje. Foi tida em conta a estética dos instrumentos, quer através da forma quer através de floreios e decorações<sup>52</sup>. Os instrumentos tornaram-se objectos, pode-se dizer, de luxo, e começaram a ser alvo de colecção e preservação em museus. Com o impulso na composição e o desenvolvimento mais aprofundado da música de câmara, começaram a ser desenvolvidos instrumentos do mesmo tipo mas de tamanhos diferentes (por exemplo, violino e viola de arco). Começaram a ser escritos livros sobre música.

Durante o período Barroco, foi notável o desenvolvimento nos instrumentos de sopro feitos de metal, surgindo a trompa, ainda sem válvulas, por volta de 1725<sup>53</sup>. Existia também um trompete com uma boquilha longa que deslizava permitindo o ajuste da nota que tocava, um mecanismo de êmbolo similar ao do trombone actual.

Durante os períodos Clássico e Romântico continuou-se a tendência de desenvolvimento e aperfeiçoamento dos instrumentos existentes. O foco dos aperfeiçoamentos foi a amplificação do som e dar mais capacidade dinâmica em termos de variação de volume aos instrumentos, no sentido de lhes permitir produzir tanto sons delicados como sons fortes<sup>54</sup>, e desenvolveu-se o sistema de válvulas para os instrumentos de sopro metálicos. Deu-se também o

---

<sup>51</sup> SACHS, Curt, **The History of Musical Instruments**, Dover Publications, 1940, pp. 297-298

<sup>52</sup> Ibidem, pp. 302-303

<sup>53</sup> Ibidem, p. 384

<sup>54</sup> SACHS, Curt, **The History of Musical Instruments**, Dover Publications, 1940, p. 388

aparecimento breve de uma variedade de instrumentos populares que foram introduzidos na vida popular, muitos deles hoje extintos.

Esta tendência continuou e teve o seu pico no séc. XX, onde a evolução e desenvolvimento de instrumentos tradicionais estagnou, principalmente devido ao decréscimo do tamanho da orquestra, dos palcos e do público<sup>55</sup>. No entanto a experimentação e o desenvolvimento de novos instrumentos explodiu. A invenção da electricidade veio trazer a possibilidade de amplificação eléctrica através de colunas, e foi com esse objectivo em mente que surgiram os primeiros electrofones. Mais tarde, na segunda metade do século XX, surgiram os primeiros sintetizadores, que consistem em instrumentos que produzem sons artificialmente usando circuitos analógicos ou digitais ou *microchips*. A partir dos anos 60, os sintetizadores começaram a ser comercializados. A moog, marca que ainda hoje se destaca, foi das primeiras a começar a actividade. Com a proliferação de computadores, *microchips* e aparelhos electrónicos, os instrumentos electrónicos e a música electrónica são, de longe, muito mais acessíveis à população em geral do que os instrumentos acústicos e a música ao vivo.

---

<sup>55</sup> Ibidem, p. 445

## Categorias de Instrumentos Musicais: A classificação Hornbostel-Sachs

Podem-se dividir todos os instrumentos musicais criados até à data em inúmeros grupos, e ao longo da história foram-se criando vários sistemas para catalogar e descrever os instrumentos em relação à origem do som, forma ou características, todos eles válidos e com a sua função. O sistema Hornbostel-Sachs é aquele que é mais proeminente, utilizado no campo da etnomusicologia, tendo sido revisto no âmbito do projecto europeu MIMO (Musical Instruments Museums Online), de modo a actualizar subcategorias que surgiram desde a publicação do documento original em 1914<sup>56</sup>. O projecto MIMO procura criar um ponto de acesso digital à informação contida nas colecções de instrumentos musicais de museus europeus. Esta revisão consistiu essencialmente numa expansão da categoria dos Electrofones para que se possa proceder à classificação de instrumentos recentes que não enquadram nas categorias previstas no documento original, e está acessível publicamente no site do MIMO, em [mimo-international.com](http://mimo-international.com). Foi também proposta uma mudança de alguns termos usados para definir alguns instrumentos, que erroneamente davam uma ideia ocidental dos instrumentos a que se referem, retirando protagonismo à variedade de instrumentos similares que existem pelo mundo. Por exemplo, oboés e clarinetes passam a ser denominados pelo termo mais geral *reeds*. O sistema Hornbostel-Sachs usa um sistema numerado de forma a criar um código para cada categoria de instrumentos semelhante aos sistemas de catalogação usados em bibliotecas. Começa por dividi-los em cinco grupos:

---

<sup>56</sup> **Revision of the Hornbostel-Sachs Classification of Musical Instruments by the MIMO Consortium**, 2011. (Em linha.) (Consulta a 11-08-2019) Disponível em: <<http://www.mimo-international.com/documents/Hornbostel%20Sachs.pdf>>

- 1 - Idiofones; instrumentos que geram som pela vibração do seu próprio corpo ou de partes do corpo, sem depender de cordas, da vibração do ar, ou de peles esticadas. O corpo do instrumento vibra, devido à sua solidez e elasticidade dos materiais que o compõem. Nesta categoria inserem-se instrumentos que são atingidos por baquetas ou pela mão, (celestas, sinos, gongos e pratos por exemplo) beliscados (guimbardes, caixas de música, *mbiras*, por exemplo), ou friccionados (serrote, *Cristal Baschet*, copos musicais entre outros).
  
- 2 - Membranofones; instrumentos que geram som através de uma membrana sobre tensão. Nesta categoria englobam-se todos os tambores que façam uso de uma ou mais membranas de pele ou outro material elástico esticado como elemento primário de geração de som, desde os bombos, adufes, sarranco (tambor que possui uma vara ligada à membrana e que gera som friccionando a vara) até ao *kazoo*
  
- 3 - Cordofones, instrumentos que geram som através da vibração de uma ou várias cordas sobre tensão. Aqui englobam-se todos os instrumentos que envolvam cordas de qualquer material como meio primário de geração de som, desde instrumentos de corda beliscada, corda friccionada, corda martelada ou qualquer outra acção.
  
- 4 - Aerofones, instrumentos que geram som através da indução de movimento do ar gerando uma coluna, podendo também a origem do movimento ser a vibração de uma palheta ou outro corpo, no entanto, o corpo do instrumento não vibra. Nesta categoria inserem-se instrumentos em que o som é originado pela vibração dos lábios, como trompas, trompetes, clarins, ou o *didgeridoo*, mas também instrumentos que usam a vibração de uma palheta contra componentes do instrumento ( clarinetes, saxofones) e instrumentos que usam duas

palhetas que vibram uma contra a outra com a passagem de ar forçado entre elas (oboés, souna chinesa). O instrumento popular que consiste apenas num pente e numa folha de papel também se enquadra aqui.

- 5 - Electrofonos, instrumentos que usam: materiais que geram sons acústicos, sinais mecânicos, dados digitais ou circuitos eléctricos que são transmitidos a uma coluna de forma a gerar som. (Instrumentos acústicos não-modificados que usam microfones ou *pickups* como forma de amplificação devem ser classificados nos respectivos grupos anteriores de acordo com a fonte primária de som). Nesta categoria podem-se enquadrar instrumentos electro-acústicos modificados, considera-se que todos os instrumentos construídos ou modificados de maneira a fornecerem sinal a um amplificador e coluna são electrofonos, ainda que consigam ter alguma capacidade de gerar som audível acusticamente.

Dentro de cada grupo, vai sendo adicionada numeração consoante as características do instrumento. Por exemplo:

4 - aerofone

4.2 - aerofone que contém o espaço onde se gera a coluna de ar

4.2.3 - aerofone excitado pela vibração dos lábios e não por palheta ou outros componentes

4.2.3.1 aerofone em que a mudança de tom é feita apenas pelos lábios

e assim sucessivamente até definir completamente o instrumento.

## Análises de instrumentos

### Idiofone 151 Hornbostel- Sachs - o serrote

Definição: O instrumento em si, devido à sua dureza e elasticidade, vibra e gera som. O material que vibra consiste numa folha de metal friccionada por um arco.



Figura 15 - O serrote

Não são conhecidas as origens ao certo deste instrumento muito peculiar, mas acredita-se que se tenha difundido por volta do final do séc. XIX pela Europa<sup>57</sup>. É impossível saber como o serrote começou a ser usado como instrumento musical. As propriedades do aço que se requer para um bom serrote, elasticidade, rigidez, comprimento, pouca espessura, coincidem com as propriedades de uma folha de metal capaz de gerar som quando atingida, devido principalmente à elasticidade. O serrote possui um conjunto de especificidades que faz com que seja possível produzir notas controladas e não apenas ruídos parecidos com trovões, como a maior parte das folhas de aço. O serrote musical pode ser literalmente um serrote para madeira ou uma folha de aço em forma de trapézio, em que a base superior é mais estreita que a base inferior. O serrote musical construído apenas para ser tocado é também geralmente mais comprido que o serrote comum, para ter uma tessitura maior,

---

<sup>57</sup> STUCKENBRUCK, Erin. **The Singing Blade: The History, Acoustics, and Techniques of the Musical Saw**, 2016. Senior Projects Spring 2016. Paper 383. (Em linha). (Consulta a 21-09-2019) Disponível em <[https://digitalcommons.bard.edu/senproj\\_s2016/383/](https://digitalcommons.bard.edu/senproj_s2016/383/)>

por volta das 3 oitavas e meia<sup>58</sup>. O sentido de laminagem da folha de metal da serra tem impacto na qualidade do som, assim como a espessura da folha. Idealmente, o sentido de laminagem deve ser paralelo ao eixo de simetria do serrote, se existir. Caso o trapézio não seja simétrico, o sentido de laminagem deve ser mais ou menos correspondente ao sentido do comprimento do serrote. Para tocar o serrote, é preciso prendê-lo entre os joelhos e, manipular a outra ponta do serrote para que forme um S. Isto faz com que a vibração fique limitada ao espaço recto entre as duas curvas, de forma que as duas curvas agem como se fossem a pestana e o cavalete nos instrumentos de cordas, por exemplo<sup>59</sup>. O serrote é um idiofone com dois modos de vibração, conseguimos aceder ao segundo modo se o ataque do arco for feito ligeiramente abaixo ou acima do meio da zona entre as duas curvas que formam o S. Pode ou não ser utilizada uma pega de madeira para controlar a curvatura do serrote, pois é desta maneira que se altera o tom produzido. A vantagem de utilizar uma pega é, antes de mais, o maior conforto para a mão esquerda, e por outro lado um maior controlo do tom. No entanto é perfeitamente possível tocar apenas usando a mão. É um dos idiofones mais simples, um instrumento *ready-made* com apenas dois componentes, o serrote e o arco.

---

<sup>58</sup> **La scie musicale par Georges Baudalet** (Registo vídeo)(Em linha) Unisciel, Universidade do Lille, 2012. (Consulta a 21-09-2019). Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=DJW32Zc8cvQ>>

<sup>59</sup> Ibidem

## Idiofone 121.222 Hornbostel - Sachs - Conjunto de guimbardes

Definição: Lamelas, ou seja, placas elásticas, fixas numa ponta, são tensionadas e soltas de forma a voltarem a sua posição de descanso. A lamela está montada numa moldura e depende da cavidade da boca para ressonância. Várias guimbardes de diferentes tons são combinadas num só instrumento.

Este tipo de instrumento é mais um exemplo de um idiofone simples. O *kouxian* é uma versão chinesa da harpa de judeu, com a diferença de que é um conjunto de lamelas e não apenas uma. A harpa de judeu é um instrumento que consiste numa lamela de metal afixada a uma moldura também ela metálica apenas numa ponta, que produz som quando tensionada. Toca-se colocando-se à frente da boca para se poder usar a cavidade bucal como caixa de ressonância. Com o *kouxian* sucede o mesmo, mas tem a vantagem de ter várias lamelas acrescentando uma camadas de possibilidades ao instrumento. Este idiofone não possibilita o uso de frequências harmónicas, tendo apenas um modo de vibração. Decidiu-se



Figura 16 - O *kouxian*

mencionar este instrumento porque, apesar do fabrico da lamela ser delicado para que tenha a amplitude certa para poder ser ouvida e para ter a frequência certa, em termos de componentes e mecanismos é do mais simples que há,

sendo o interesse do instrumento, do ponto de vista do utilizador, descobri-lo e explorar as técnicas que possibilita.

#### Aerofone 421.121.12 Hornbostel- Sachs - Flauta transversal ocidental com furação para dedos

Definição: Uma corrente de ar é dirigida contra uma aresta de forma a gerar uma coluna de ar dentro de um tubo ou uma massa de ar dentro de uma cavidade, em que o instrumentista sopra contra a extremidade de um buraco feito na lateral do tubo.

Os instrumentos de sopro são, por princípio, dos instrumentos mais simples que existem, se tomarmos como exemplo aqueles que apenas dispõem do essencial e dispensam mecanismos mais complexos como as válvulas das trompas e trompetes, cuja função é conduzir o ar por caminhos de diferentes comprimentos de modo a gerar tons diferentes. Foram também dos primeiros instrumentos a ser fabricados pelo homem, no entanto, os princípios dos instrumentos de sopro são bastante simples, mas exigem muito rigor e prática quer do fabricante quer do instrumentista. No caso da flauta transversal simples, consiste num tubo de secção circular, tapado numa das extremidades, e que possui junto a essa extremidade, na lateral, uma abertura ligeiramente oval (a abertura para onde se sopra) e várias aberturas ao longo do comprimento, que vão ser tapadas com os dedos sendo assim possível controlar o tom produzido. A razão pela qual o tom muda consoante as aberturas que estão tapadas, é porque a coluna de ar que se gera dentro da flauta é quebrada quando encontra uma abertura. É como se a flauta tivesse comprimentos diferentes dependendo de que aberturas estão tapadas.

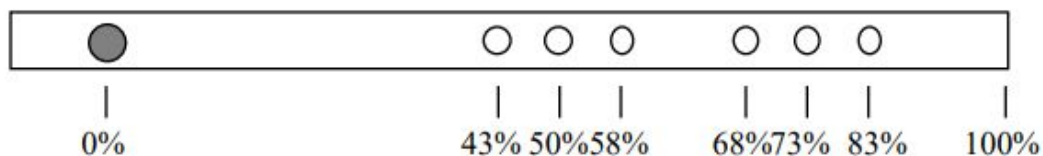


Figura 17 - Posição aproximada das aberturas numa flauta transversal em escala maior

O tom da flauta também depende do comprimento geral, pelo que por uma questão de afinação, é costume haver um mecanismo que permita ajustar essa medida. Esse mecanismo pode ser a flauta ter uma parte removível, como a parte da abertura onde se sopra ser encaixável à pressão, ou no caso do corpo da flauta não ter quebras e ser inteiro, o elemento que tapa a extremidade junto à abertura onde se sopra ser amovível ou poder ser ajustado de alguma forma. Normalmente o melhor sítio para colocar o centro da abertura onde se sopra é aproximadamente a uma distância da extremidade do tubo igual ao diâmetro interior. Uma abertura oval que forneça uma aresta mais recta é mais eficiente na geração de som que uma abertura redonda. A abertura deve ser de aproximadamente 125 mm em diâmetro no mínimo, sendo que aberturas maiores são possíveis, no entanto, quanto maior a abertura quer em diâmetro quer em comprimento, mais aguda a nota<sup>60</sup>. O material pode ser qualquer um que forneça uma superfície interna lisa, e um diâmetro constante ou ligeiramente cónico. A toxicidade do material pode ou não ser tida em conta, mas caso não seja considerada, deve-se prever uma solução para que os lábios não estejam em contacto directo com material tóxico. A espessura das paredes deve ser a suficiente para que a vibração da coluna de ar não excite as paredes e estas por sua vez, causem perturbações na vibração. As aberturas para dedos devem ser colocadas aproximadamente nas posições da figura e devem ser posteriormente afinadas. Abertura maior gera um tom mais agudo, abertura menor gera um tom mais grave<sup>61</sup>, pelo que se deve começar por fazer furações pequenas e ir alargando conforme necessário.

<sup>60</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.p. 138-140

<sup>61</sup> SHEPARD, Marc **Simple flutes, make them, play them**. Simple Productions, Arcata, California, 1992. Em linha. Consulta a 20-09-2019. Disponível em <<http://www.bamboocraft.net/forums/attachment.php?attachmentid=584&d=114990014>>.

Esta flauta é considerada uma flauta com duas aberturas na classificação Hornbostel-Sachs, porque apesar de uma das extremidades ser tapada, a abertura onde se sopra conta como uma segunda abertura. Para que fosse considerada apenas de uma abertura, a boca teria de fechar uma delas, como acontece nos instrumentos de palheta e algumas flautas. Esta forma cilíndrica com duas aberturas gera uma coluna de ar internamente que é típica entre os instrumentos de sopro, juntamente com a forma cónica dos oboés e clarinetes, por exemplo. A razão para que formas cilíndricas e cónicas sejam as mais utilizadas para guiar e dar forma à coluna de ar, é que nestas formas são as mais propícias a frequências harmónicas com tons bem afinados, o que dá mais presença ao som e às notas fundamentais, para além de possibilitar tudo aquilo que frequências harmónicas afinadas possibilitam (especialmente modos de vibração bem afinados em relação ao primeiro modo). Outras formas internas são possíveis, no entanto há grande probabilidade de gerarem tons em que a fundamental e os harmónicos não estejam bem afinados entre si, dando uma sensação pouco estável ao tom.

Numa flauta de duas aberturas, pode-se tocar uma série harmónica completa sem recorrer a mecanismos de mudança de frequência (dedos neste caso). No primeiro modo de vibração, o tubo contém metade do comprimento de onda da frequência correspondente. A fórmula que nos permite calcular a frequência correspondente ao primeiro modo é  $f=v/2L$ , em que  $f$  = frequência,  $v$  = velocidade do som (343.5m/s) e  $L$  = comprimento<sup>62</sup>.

---

<sup>62</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, EUA : See Sharp Press, 1996 .p. 159-160

Cordofone 312 Hornbostel-Sachs - đàn bầu - sitara tubular monocorde vietnamita

Definição: A corda está fixa numa superfície abobadada.

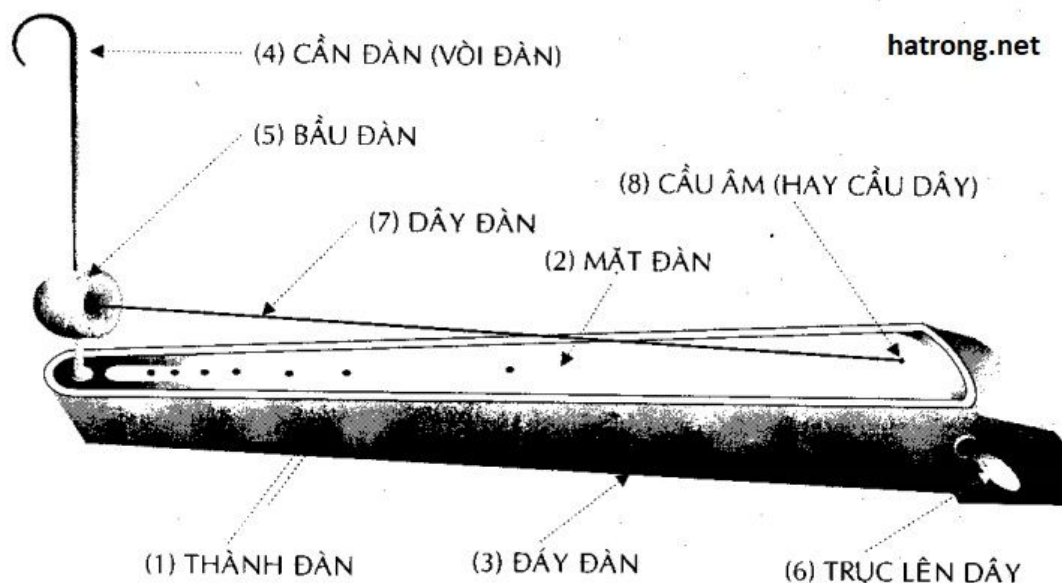


Figura 18 - Representação esquemática de uma versão recente do *dan bau*

É um instrumento que consiste num tronco de bambu de dimensão média, ao qual é fixa a extremidade de uma corda, numa ponta, e na outra, é fixo um componente que consiste numa vara junta com uma metade de coco ou cabaça. A extremidade da corda livre é fixa dentro dessa abóbada, de modo que o som é amplificado nas duas extremidades. Por ter apenas uma corda, o instrumento depende dos modos de vibração para ter uma tessitura aceitável. No entanto, a função da vara vertical é permitir que a corda seja esticada enquanto se toca, através de uma acção de alavanca, permitindo a geração de mais tons. Ou seja, temos um instrumento monocórdico, que exige do utilizador memória muscular nos dois braços para ser tocado. Isto não é algo raro, o que é um pouco raro é que se exija memória muscular de movimentos finos em ambas as mãos para dominar o instrumento. A utilização desta sitara está completamente ligada ao sentido do tacto e à memória muscular. Tem que se aprender empiricamente que movimento fazer com o braço esquerdo para

obter cada nota diferente. A corda normalmente utilizada no instrumento é uma corda de guitarra eléctrica, bastante flexível, de modo que utilizando apenas a mão esquerda para mudar de tom através da acção de alavanca, temos alguma variedade de frequências, no entanto ainda muito limitada. É com os modos de vibração que se consegue obter a verdadeira capacidade do instrumento. Com a mão direita, o utilizador tem duas tarefas: beliscar a corda e colocar um dedo sobre o nódulo que queira para obter tons diferentes. Esta técnica é a mesma que se utiliza na guitarra, como já foi descrito mais acima, na secção sobre frequências harmónicas.

Em suma, tocar a corda enquanto há um dedo sobre um nódulo de um modo de vibração, encoraja a nota resultante desse mesmo modo a sobrepor-se às outras frequências, e ao mesmo tempo, desencoraja as restantes frequências que precisam de movimento nesse ponto a soar. Em termos de acústica, a caixa de ressonância está ligada por um tubo de metal à abóbada de modo a conseguir amplificação. Com o passar dos anos e a difusão do instrumento para outras zonas da Ásia, especialmente da China, o instrumento foi sofrendo algumas modificações em relação ao original que dispunha de apenas 4 componentes. A partir dos anos 60, foram feitas modificações ao instrumento por alguns músicos populares, entre elas a inclusão de um *pickup* para amplificação usado na guitarra eléctrica, e um amplificador. É curioso que esta modificação tenha sido prontamente aceite e utilizada no contexto da música tradicional na China e continua a ser utilizada hoje, sem tradicionalismos nem contra-argumentos puristas. Entre o resto das modificações feitas, esteve a adição de guias visuais no tampo da caixa de ressonância, por baixo da corda, para o utilizador mais facilmente encontrar os nódulos. A caixa de ressonância também foi modificada. Originalmente, a caixa de ressonância consistia apenas num tronco de bambu com um diâmetro por volta dos 10 cm ou acima, e comprimento de 120 cm. Uma estaca de bambu com metade de uma cabaça seca ou metade de um coco a aproximadamente 6cm da superfície do bambu

era instalada junto da extremidade esquerda do tronco<sup>63</sup>. Hoje em dia esta vara é feita de metal ou madeira, e especialmente na China, a caixa de ressonância é feita não de um único tronco de bambu com uma abertura quadrada mas com um conjunto de madeiras de diferentes tipos para melhorar a projecção do som e o timbre. Na tampa de cima, é usada uma madeira fina e curvada que possa vibrar livremente devido à leveza e rigidez; como por exemplo bambu e madeira de palma. As laterais são feitas de uma madeira como o mogno, e o tampo de trás de paulownia. Uma madeira rígida serve. Tanto o material como o ar dentro da caixa de ressonância ajudam a amplificar o som. O material conduz e radia a vibração oferecendo-lhe mais superfície e área para ela se propagar, transmitindo mais a vibração para o ar. Quanto mais fino o material e maior a área, melhor, pois oferece muita área enquanto ao mesmo tempo oferece pouca resistência à propagação da vibração pelo seu corpo, ou dando uma curvatura ao material, como no caso dos violinos, onde não é possível estender a superfície da caixa de ressonância.<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> SONG, Tang. **Jing's solo piano study**, Journal of the Xinghai Conservatory of Music, Xinghai, China, 2006. Em linha. Consulta a 30-09-2019. Disponível em: <[http://musicology.cn/papers/papers\\_1398.html](http://musicology.cn/papers/papers_1398.html)>

<sup>64</sup> HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, EUA : See Sharp Press, 1996 .p. 159-160

## As origens de um novo instrumento: o violino de campânula de Taiwan

Acima de tudo, o que gostaria de realçar nesta análise é o facto de que os instrumentos que nos são mais familiares são apenas uma amostra que não é representativa da variedade de instrumentos que existem e que têm sido



Figura 19 - *Erhu*

desenvolvidos desde o início dos tempos, e que também não se deve supor que são os de mais simples construção. A sua popularidade resulta de séculos de avanços na música erudita ocidental e da standardização da orquestra, e mais tarde, do *pop/rock*. A música sempre foi uma actividade social que está profundamente enraizada nos costumes de um povo, é natural que cada povo tenha ao longo do tempo desenvolvido os seus próprios instrumentos, os próprios sons e escalas, até mesmo os próprios significados dos sons e conjuntos de sons.

Um exemplo relativamente recente é o violino de campânula de Taiwan. Este instrumento é um membro da família do *huqin*, que pode ser considerado um

instrumento-tipo muito característico da Ásia<sup>65</sup>. A família de instrumentos originou-se a partir da difusão do instrumento ancestral pertencente ao povo nómada Hu, e foi sendo recriado por cada uma das etnias chinesas e mongóis. *Huqin* quer dizer literalmente “instrumento dos povos Hu”<sup>66</sup>. Hoje em dia o membro da família mais popular e que faz parte da orquestra chinesa é o *erhu*, uma variante do *huqin* que se pensa ter sido desenvolvida originalmente pelo povo Xi durante a dinastia Tang<sup>67</sup>.



Figura 20 - Pestana do *erhu*

Figura 21 - Arco do *erhu* em posição de descanso entre as duas cordas do instrumento

Estes instrumentos são caracterizados por serem instrumentos de cordas friccionada com duas cordas e uma caixa de ressonância cuja parte frontal, onde se apoia o cavalete, é feita de pele de cobra, o que lhes dá uma vibração característica. Possui ainda outros factores que contribuem para isto, como o facto de não ter um componente destinado a apoiar os dedos que pisam as cordas de maneira a mudar de tom; os dedos apoiam-se simplesmente nas cordas o que lhe dá um som ligeiramente abafado, menos estridente e mais quente que um violino poderia-se dizer. Outra diferenciação curiosa em relação

---

<sup>65</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

<sup>66</sup> Ibidem

<sup>67</sup> Ibidem

aos instrumentos de corda friccionada ocidentais é que o arco, em vez de ser um componente completamente independente do instrumento, está limitado a ser utilizado com um huquin apenas, porque as crinas são afixadas ao arco de forma a ficarem presas entre as duas cordas. Assim, para se tocar uma, puxa-se o arco para dentro na direcção do instrumentista, e para se tocar a outra corda, puxa-se o arco para fora. Desta forma não há possibilidade de perder o arco e reduz-se a probabilidade de acidentes com o objecto, mas por outro lado, cria algum constrangimento de arrumo e protecção do instrumento quando não está a ser utilizado.



Figura 22 - Vários instrumentos da família do Erhu

Esta tipologia de instrumento espalhou-se pela Ásia e enraizou-se também na região de Taiwan, que durante a maior parte da sua história fez parte da China. É nestes instrumentos huquin que se baseia o violino de campânula de Taiwan, no entanto a sua característica mais curiosa, o facto de ser fabricado em metal e não ter caixa de ressonância como a maioria dos huquins (IMAGEM) mas sim uma campânula cónica de fonógrafo, tem a ver com factores culturais e étnológicos que impactaram Taiwan durante a invasão Japonesa da primeira

guerra sino-japonesa<sup>68</sup>. O instrumento consiste no cone do fonógrafo estendido com um tubo de metal entre o cone e a peça em cotovelo que tinha a função de ligar a agulha do fonógrafo ao cone. Nessa abertura, é colocada uma folha de mica e um cavalete para apoiar a corda e transmitir a vibração ao corpo do instrumento. A afinação é feita com duas cravelhas no topo do instrumento, ao pé da campânula.

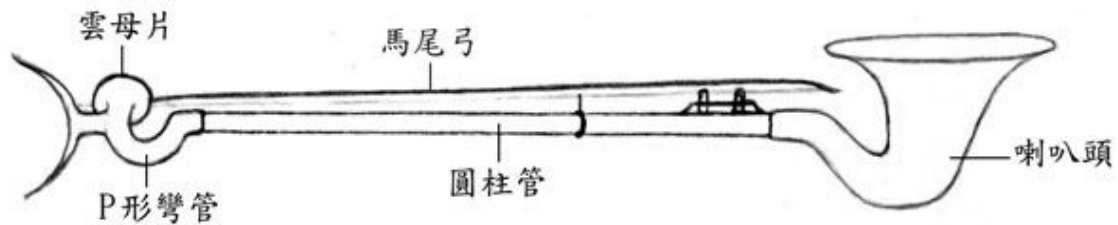


Figura 23 - Diagrama do violino de campânula de Taiwan

A origem do instrumento ainda hoje é inconclusiva, mas a teoria principal é que o instrumento terá sido fruto de políticas japonesas implementadas durante a Guerra Sino-Japonesa com o objectivo de fortalecer o espírito



Figura 24 - Violino Stroh

imperial japonês em Taiwan e enfraquecer as tradições étnicas Han que tinham sido trazidas da China para a região e praticadas durante um longo período. Foi implementada uma regra “No Drum Music” que procurava proibir o teatro e

<sup>68</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

a música tradicional, assim como os instrumentos utilizados para tal. Esta informação é atribuída ao músico Chen Guanhua (1912-2002)<sup>69</sup>.

Não se sabe também se a ideia de incorporar uma campânula no instrumento foi ideia espontânea ou se foi algo extrapolado de outros instrumentos. Neste aspecto Lin Jiangshan refere a potencial influência do violino Stroh, criado na



Figura 25 - Músico toca o violino de campânula de Taiwan

Áustria no final do séc. XIX por John Stroh<sup>70</sup>. O instrumento era fabricado em Londres e vendido em Viena. Mais tarde, no início do séc. XIX, começavam a surgir as primeiras técnicas de gravação sonora e os primeiros estúdios, e o violino Stroh era nesses primeiros tempos utilizado em gravações como alternativa ao violino normal por ter um som naturalmente amplificado em

---

<sup>69</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

<sup>70</sup> Ibidem

relação ao violino tradicional, o que permitia fazer a gravação de melhor forma dadas as limitações do equipamento inicial. Isto era prática comum nas primeiras gravações para fonógrafo<sup>71</sup>.

Com o violino Stroh, a vibração das cordas é transmitida a uma espécie de diafragma de alumínio cujo som é amplificado pela campânula. Uma vez que existem gravações japonesas do período onde se ouve violinos, poderá-se ter dado o caso de músicos de Taiwan terem viajado para o Japão e terem participado em gravações onde o violino Stroh também estava presente<sup>72</sup>. Uma vez que quer o violino de campânula de



Figura 26 - *One-string Japanese Fiddle*

Taiwan, quer o violino Stroh estão relacionados com o fonógrafo e com o Japão, é possível que tenha sido essa a origem, mas até à data não está confirmado por ninguém que esteja estado ligado à gravação de música em Taiwan ou no Japão na altura. Para além disso há relatos da cantora de ópera

---

<sup>71</sup>CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

<sup>72</sup> Ibidem

taiwanesa Hong Yujin de que instrumentos similares ao violino de campânula eram tocados na ópera durante o período de ocupação japonesa<sup>73</sup>.

Existia também uma versão do violino Stroh conhecida como *Japanese One-string Fiddle*<sup>74</sup>. Este instrumento também incorpora uma campânula em vez de uma caixa de ressonância mas têm apenas uma corda. Há ainda um



Figuras 27, 28 e 29 - Sorna, Suona e Shawm, da esquerda para a direita

instrumento anterior ao *Japanese One-string Fiddle* que lhe é bastante semelhante, o fonoviolo produzido por AT Howson em Londres nas primeiras décadas do séc. XIX. IMAGEM No entanto não é conhecida nenhuma ligação do fonoviolo a Taiwan, e a ligação do violino Stroh ou do *Japanese One-string Fiddle* está ainda por confirmar.

Hoje em dia, o violino de campânula de Taiwan é utilizado na música popular e faz parte dos instrumentos mais utilizados. É frequentemente ouvido a acompanhar músicas tradicionais *Hakka*, na ópera taiwanesa e também utilizado para interpretar música cantonesa. No entanto, houve outros

<sup>73</sup>CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in *Journal of Wuhan Conservatory of Music*, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

<sup>74</sup> SMITHSONIAN, **Stroh One-String Jap Fiddle** (Em linha) 2015. (Consulta a 10-10-2019) Disponível em <[https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah\\_606394](https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_606394)>

instrumentos a serem criados durante o período de ocupação japonesa, como uma nova flauta baixo, que caíram no desuso e hoje em dia estão “extintos”<sup>75</sup>.



Figura 30 - O Oboé ocidental actual

Na análise deste facto, Cai Zhenjia levanta um paralelo interessante que também já foi levantado por outros autores na análise de objectos. O autor explora o tema de uma perspectiva evolucionária através da teoria da adaptação. Na biologia, a teoria da adaptação refere-se ao processo que acontece quando uma espécie gradualmente se adapta ao seu *habitat*. A variedade de espécies existentes hoje têm antepassados em comum e evoluíram a partir deles, após uma longa e lenta adaptação aos diferentes *habitats*. Decorrido tempo suficiente, as diferentes espécies podem ter traços em comum mas terem características e habilidades muito diferentes. Da mesma forma há muitos instrumentos dentro da mesma cultura e até entre culturas que são similares e partilham antepassados. Por exemplo o instrumento chinês *suona* e o oboé ocidental têm os dois origem na *sorna*<sup>76</sup>, instrumento antigo que data do primeiro império persa (550-330 AC).

---

<sup>75</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings**, Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

<sup>76</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings**, Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

Pensa-se que o instrumento terá tido origem na região do império persa que é actualmente o Irão<sup>77</sup>. A partir do império persa o instrumento teve sucedentes no império bizantino<sup>78</sup> e na Grécia Antiga, mais tarde dando origem ao *shawm* (IMAGEM) na Europa da idade média. O *shawm* foi depois levado para o Japão por missionários portugueses durante o séc. XVI<sup>79</sup> dando origem ao charumera. Todos estes instrumentos são instrumentos de sopro que usam palheta para produzir som e têm um corpo cónico com um diâmetro maior na extremidade, por vezes com forma de campânula, no entanto as variações entre eles fazem a diferença no som que produzem. A *suona* e o oboé têm requisitos de timbre e amplitude diferentes, por isso o tamanho da campânula e das palhetas é diferente, de forma a adaptarem-se a contextos e estilos musicais diferentes, e instrumentos acompanhantes diferentes. Fazendo um paralelo com a biologia evolucionária, a sorna sofreu um processo de evolução divergente, em que espécies com o mesmo antepassado tornaram-se cada vez mais diferentes como resultado de uma migração para diferentes regiões<sup>80</sup>. Uma adaptação à fauna e flora local, poderia-se dizer.

Voltando ao violino de campânula, pode-se dizer que se adaptou melhor à fauna e flora local que os seus contemporâneos criados durante a invasão japonesa. O violino de campânula adapta-se bem ao estilo e temas da música tradicional de Taiwan, enquadrando-se também na ópera tradicional taiwanesa especialmente em cenas tristes em que as personagens se lamentam. O som do violino de campânula tem a capacidade de transmitir melancolia, tristeza, lamento devido ao timbre abafado que resulta do facto de a mão esquerda quando pisa as cordas não se apoiar no braço mas apenas na corda, da possibilidade de usar técnicas como o *vibrato* e o *glissando*, e de ter um registo muito próximo da voz humana. O facto de usar uma campânula de metal como

---

<sup>77</sup> POPE, U. **An Outline History of Persian Music and Musical Theory**, Survey of Persian Art, Vol. VI, pp. 2783-2804.

<sup>78</sup> RAUTMAN, Marcus . **Daily Life in the Byzantine Empire**. Greenwood Publishing Group. 2006 p. 276.

<sup>79</sup> BURGESS, Geoffrey. HAYNES, Bruce. **The Oboe**. Yale University Press: New Haven. 2004. pp 65-68

<sup>80</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

componente ressonante ajuda-o a ter uma boa projecção do som podendo ser instrumento solista. O instrumento tradicionalmente usado nestas cenas lamentosas na ópera tinha uma caixa de ressonância feita de côco e por isso perde performance em relação ao violino de campânula, que para além disso pode ser usado ao ar livre sem perigo de dano.

O seu ponto fraco é que, por ser todo feito de metal, comparativamente aos instrumentos semelhantes de madeira, tem um som muito brilhante e que se pode considerar triste, pobre e aquém das expectativas. No entanto ritmos lentos e tristes estão cada vez mais fora de moda, e a ópera taiwanesa perde impacto para os dramas e novelas televisivas<sup>81</sup>.



Figuras 31 e 32 - O violino Stroh actual.

Detalhe do cavalete e transmissão da vibração à mica.

O instrumento acabou por ter um uso que não se poderia prever quando se criou, cujo objectivo inicial era apenas contornar as proibições japonesas ou talvez criar uma cópia do violino Stroh, no entanto o instrumento faz hoje parte

---

<sup>81</sup> CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009, pp. 129-134

da música tradicional de Taiwan, muitos anos após a ocupação japonesa ter terminado.

Da mesma forma, na Europa, o violino Stroh foi adoptado pela música *folk* romena, tendo até um papel fundador na música popular da região de Bihor<sup>82</sup>. Desta forma mantém-se em uso num contexto que nada tem a ver com o que se pretendia inicialmente, apesar da sua função original, de compensar as falhas do equipamento de gravação inicial, ter caído em desuso.

Na natureza ocorrem processos análogos, como é o caso da evolução dos ossículos do ouvido interior (martelo, bigorna e estribo). Estes ossículos presentes no ouvido interior de mamíferos evoluíram a partir de ossos maxilares de répteis<sup>83</sup>. Os répteis têm o tímpano ligado directamente ao ouvido interno, guiando-se mais pela sensação de vibração do que pela capacidade auditiva. Ao longo da evolução dos mamíferos, dois ossos extra no maxilar perderam a função e foram reaproveitados como parte de um sistema de amplificação muito preciso que nos permite ouvir com muito mais precisão do que se esse sistema não existisse<sup>84</sup>. Na cultura material há vários exemplos de processos semelhantes. No campo da música acontece desde o início dos tempos, pois na verdade muitos dos instrumentos pré-históricos tinham funções que iam para além do entretenimento e da expressão artística e mística. O tambor era instrumento de comunicação, o arco arma de guerra, e a própria *sorna persa* que mencionamos anteriormente era usada para anunciar o final do dia nas cidades persas<sup>85</sup>. Tendo tudo isto em conta, os instrumentos musicais são como os outros utensílios: as suas evoluções e inovações refletem aquilo que é mais prático às pessoas e ao seu contexto social, económico, político e estético. Devido ao facto de a música ser um factor

---

<sup>82</sup> DAVIES, H. **Stroh violin**. In *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, Oxford University Press, New York. vol. 24, 2001 p. 602

<sup>83</sup> ALLIN, E.F. **Evolution of the mammalian middle ear**, in *Journal of Morphology*. 147, Dezembro 1975. pp. 403–437

<sup>84</sup> ALLIN, E.F. **Evolution of the mammalian middle ear**, *Journal of Morphology*. 147, Dezembro 1975. pp. 403–437

<sup>85</sup> POPE, U. **An Outline History of Persian Music and Musical Theory**, *Survey of Persian Art*, Vol. VI, pp. 2783-2804.

cultural tão particular de cada povo e a sua percepção e valor variar tanto de região para região, não nos basta estudar as formas, símbolos e tipologias de instrumentos. A sua função principal não é apenas ser tocado e apreciado visualmente, apesar de essas serem algumas das funções de um instrumento. De forma mais importante, o instrumento fornece o som que é necessário e que faz mais sentido dentro de um certo contexto, dentro de um *habitat* definido. E para isso é necessário que nos foquemos no som, na maneira como é produzido, nos materiais utilizados e na maneira como eles e as suas junções alteram o timbre e o som do instrumento. A forma, apesar de importante para garantir boa usabilidade, é secundária ao som, e é na maioria das vezes simplesmente a forma que resulta do arranjo de componentes que nos fornece o som que queremos. Há que entender a função de cada componente no som, a relação entre a forma de tocar com o som e o tipo de música que normalmente envolve o instrumento. Depois destes factores, há que ter em conta que mais valias e limitações estão inerentes ao instrumento.

Nesta perspectiva, uma das mais-valias do violino de campânula de Taiwan é o timbre. Em termos de componentes, aqueles que mais impacto têm no timbre são a placa de mica que recebe a vibração das cordas, e a campânula que amplifica o som. A placa de mica é bastante pequena, mas sendo uma superfície plana metálica, é um bom condutor de vibração, no entanto devido à limitação do tamanho da superfície, as frequências mais baixas têm pouca

amplificação.

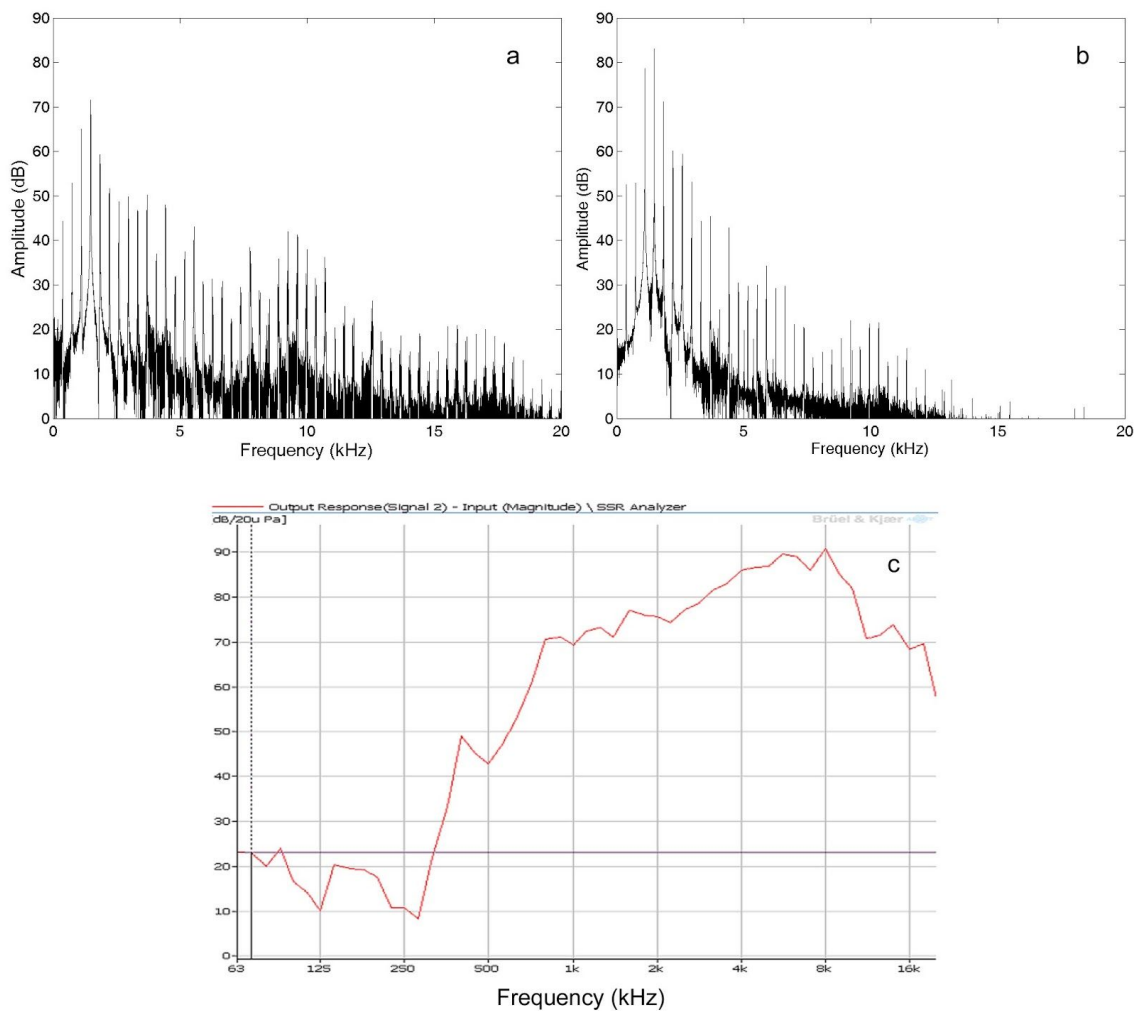


Figura 33 - Espectro de frequências e características do som do violino de campânula: a) o espectro de frequências, medido à frente da folha de mica. b) o espectro de frequências, medido na abertura da campânula. c) a resposta de frequências da campânula. Resultados obtidos pelos Prof. Bai Mingxian e Huang Shengxiang do Instituto de Engenharia Mecânica de Taiwan na Universidade de Jiaotong.

Através do gráfico c), vemos que a campânula abafa sons abaixo de cerca dos 700 Hz, não presentes no gráfico.

## Design e som hoje: zonas de intersecção

Pretende-se agora procurar áreas de intersecção entre o design e o som, de maneira a perceber que pesquisas têm sido feitas que possam trazer novas abordagens e melhoramentos à concepção de instrumentos musicais. No panorama do design de produto, as características dos produtos projectados têm sido tipicamente isoladas e abordadas separadamente durante a fase de projecto. Assim a interface de utilização entre o objecto e cada sentido do utilizador não é pensado holisticamente mas sim isoladamente, como se fosse estéril face ao ambiente que o rodeia e às influências que os sentidos têm na percepção uns dos outros. Esta influência está estudada fisiologicamente e há de facto casos em que a sinestesia está indubitavelmente presente. Desde há algumas décadas que têm havido abordagens ao design que impulsionam e defendem esta abordagem holística, como é o caso da abordagem do designer japonês Kenya Hara, que defende que as sensações hápticas que os objetos ou ambientes despertam são factores que influenciam as escolhas dos utilizadores<sup>86</sup>.

A consideração de factores como o cheiro, o som, as propriedades acústicas dos materiais, o tacto, são parâmetros que começam a ser considerados durante a fase de projecto como elementos que têm influência na experiência do utilizador, na decisão de compra e até na usabilidade. Haverkamp afirma que algumas das razões para que historicamente as metodologias de design não tenham incluído estes factores e que contribuem para o seu recente aparecimento, poderão ter a ver com a falta de evidências científicas que clarifiquem de que forma os nossos processos fisiológicos entrelaçam as percepções, e também a falta de desenvolvimento do campo do *sound design*<sup>87</sup>. No passado, todos os sons produzidos pelos produtos estavam dependentes dos materiais utilizados, dos processos de fabrico e das condições de utilização. Hoje em dia essas limitações podem ser transpostas graças aos

---

<sup>86</sup> HARA, Kenya - **Designing design**, Baden, Suíça, Lars Muller Publishers, 2007. p.12

<sup>87</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Basileia, Suíça, Birkhäuser. 2013. pp. 8-9

avanços nas tecnologias do som, conseguindo integrar sinais sonoros nos produtos ou mesmo anular barulhos indesejados recorrendo a tecnologia de cancelamento sonoro. Apesar destas tecnologias ainda aumentarem o custo de produção, o seu custo-benefício é justificado pela experiência que fornecem ao utilizador, tendo sido muito impulsionado pelas indústrias automóvel, indústrias de luxo e pela área do retalho, uma vez que a experiência de conduzir um carro ou percorrer uma loja são factores determinantes na opinião do potencial cliente<sup>88</sup>.

No que diz respeito à área de intersecção entre o design e os instrumentos musicais, tem vindo a ser desenvolvida alguma pesquisa, e nas últimas décadas assistimos à criação de áreas de estudo e investigação ligadas directamente ao som e ao design. Numa tentativa de fomentar as abordagens holísticas ao design, surgiram disciplinas que procuram explorar em particular os sentidos e a forma como estes se relacionam com os objectos, de modo a compreender que sensações despertam os objectos durante os vários contactos que tem com o utilizador, desde a decisão de compra à utilização. Estas disciplinas englobam o *sound design*, o design de interacção e de forma mais abstracta o design sinestésico. Apesar do intuito destas disciplinas e da pesquisa feita nos seus âmbitos estar mais directamente ligada a produtos de consumo e não a objectos cuja produção de sons é uma função primária, estas áreas produzem conhecimentos que podem ser úteis ao processo de design de instrumentos, quer acústicos, quer digitais, e sendo disciplinas bastante recentes, produzem investigações que reflectem a realidade actual.

---

<sup>88</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. pp. 8-9

## Design Sinestésico

No caso do design sinestésico, o objectivo é coordenar todas as sensações percebidas pelo utilizador em relação a um objecto de forma a que este tenha bom aspecto em geral, e mantenha a harmonia entre isto e as suas funções.

O termo sinestesia deriva do grego *syn* (junto) e *aisthesis* (sensação). No entanto não se refere à percepção de múltiplas sensações em simultâneo, mas originalmente refere-se ao fenómeno que acontece quando um estímulo destinado a um canal sensorial afeta outros canais sensoriais, como por exemplo um som desencadeia uma sensação visual de cor<sup>89</sup>.

Quando usado em relação ao design, sinestesia refere-se às ligações possíveis entre os vários sentidos estimulados por um objecto. Design sinestésico é portanto uma abordagem ao design de produto que enfatiza a importância da análise das relações intersensoriais na utilização e relação com o objecto<sup>90</sup>. Para atingir este objectivo, o design sinestésico faz-se valer de algumas ferramentas ligadas ao *sound design*, disciplina que estuda os sons que os objectos fazem e os procura desenhar com um fim de acrescentar valor ao produto, seja esse valor utilitário, hedonista ou simplesmente eliminar um som que seja visto como desagradável ou não desejado (ex:o “ruído branco” do ar condicionado).

## Design de Interacção

O design de interacção tem tido uma ligação mais directa aos instrumentos, tendo vindo a desenvolver um grande papel na exploração de interfaces para instrumentos musicais electrónicos, sejam eles electrofones ou instrumentos puramente digitais, ou ferramentas de edição, produção e pós produção como as digital audio workstations. Temos que destacar nesta área o trabalho possibilitado pelo NIME (New Interfaces for Musical Expression). O NIME

---

<sup>89</sup> HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013. pp. 8-9

<sup>90</sup> Idem

começou como um workshop sobre interfaces de instrumentos musicais digitais em 2001, e desde aí tornou-se uma conferência anual em que investigadores e músicos de todo o mundo apresentam pesquisas relacionadas com novas possíveis formas de interacção musical, muitas vezes interacções humano-computador, mas não limitado a estas<sup>91</sup>.

Entre as questões mais relevantes para a construção de instrumentos acústicos e da sua interface e ergonomia levantadas em conferências NIME estão: tendências em instrumentos experimentais acústicos; diferenças na percepção de *skill* pelo público entre performance de instrumentos acústicos e instrumentos digitais ao vivo; comparação entre instrumentos acústicos e digitais; estudos de usabilidade que estudam a hapticidade dos instrumentos acústicos e formas de a transpor para instrumentos digitais. O NIME tem tido, em suma, o papel de ser dos principais impulsionadores do avanço na pesquisa e experimentação na área da interacção entre pessoas e instrumentos musicais.

### Construção de instrumentos acústicos: tendências

No que diz respeito às tendências, a construção de instrumentos musicais experimentais pode ser dividida em dois grupos: o dos instrumentos que seguem alguma família de instrumentos pré existente, adicionando-lhe modificações em qualquer um dos domínios da construção de instrumentos, e o dos instrumentos que quebram com qualquer ideia pré existente<sup>92</sup>. A abordagem que traz mais benefícios é a primeira, porque como já falamos, os instrumentos que existem hoje passaram por um longo processo de evolução, têm mecanismos e formas de produção de som já testadas e que garantidamente funcionam, estão inseridos numa cultura que os utiliza e promove e há já pessoas que tocam e estão familiarizadas com instrumentos

---

<sup>91</sup> NIME, **The International Conference on New Interfaces for Musical Expression** (Em linha) 2019 (Consulta a 10-10-2019) Disponível em <<https://www.nime.org/>>

<sup>92</sup> HOPKIN, Bart, **Trends in New Acoustic Musical Instrument Design**, Leonardo Music Journal, Vol. 1, No. 1, The MIT Press, Cambridge EUA, 1991, pp. 11-16

similares, aumentando a hipótese de utilização e a pertinência deles no panorama musical.

Os instrumentos que são totalmente experimentais, implicam considerar todos os aspectos acústicos, ergonómicos, e materiais, e fazê-lo envolve muito tempo e muita experimentação para fabricar um instrumento em que o resultado final é imprevisível sem experimentação e iteração. Não pode ser identificada uma vanguarda ou um pensamento em comum entre os construtores actuais, mas há algumas tendências identificáveis.

Muitos construtores experimentais ocidentais estão-se a focar em instrumentos africanos e da ilhas do pacífico, com uma abordagem que procura iterar a partir de instrumentos tradicionais usando materiais e tecnologias industriais<sup>93</sup>.

Na área da afinação vê-se também um surgimento de instrumentos com outras afinações que não a escala de 12 semitons que tem sido a norma no ocidente. Outra tendência proeminente é o fabrico de instrumentos com foco nas notas de frequências harmónicas, tocando-os quase exclusivamente dando uso aos vários modos de vibração.

O interesse em materiais e formas naturais como o bambu, cabaças, peles, também se destaca<sup>94</sup>.

Há também um foco em pensar o instrumento em termos sociais, podendo isso corresponder à criação de um instrumento para apenas tocar sozinho, instrumentos incontroláveis e aleatórios, ou instrumentos públicos de grande escala que podem ser tocados por várias pessoas em simultâneo, ou ainda até um pequeno instrumento distribuído a todos os presentes num certo local que seja facilmente inteligível de modo a tocar em conjunto<sup>95</sup>.

O processo de design de instrumentos hoje em dia tem tendência a ter início com uma descoberta de um som que depois se quer aplicar num instrumento, raramente se começa com uma ideia de uma forma teoricamente possível de gerar som. Essa abordagem é no entanto muito utilizada na música electrónica, e é também a abordagem mais sistemática. No entanto, como em muitas

---

<sup>93</sup> HOPKIN, Bart, **Trends in New Acoustic Musical Instrument Design**, in Leonardo Music Journal, Vol. 1, No. 1, The MIT Press, Cambridge EUA, 1991, pp. 11-16

<sup>94</sup> Ibidem

<sup>95</sup> Ibidem

outras áreas, por vezes as melhores soluções surgem apenas através da experimentação e do acaso.

### Instrumento acústico vs. Instrumento digital

No que diz respeito à relação do utilizador com o instrumento, quer em termos ergonómicos quer em termos cognitivos, é de referir o desenvolvimento dum estudo por uma empresa que desenvolvia software para produção de música digital em 2006 com o objectivo de compreender as relações das pessoas com as suas ferramentas musicais. O estudo debruçou-se sobre questões como o controlo sobre o instrumento, limitações, criatividade, e a sua relação com o acto de tocar. A amostra do estudo foi composta por por volta de 200 pessoas que tocam, criam instrumentos ou compõe música, analógica ou digitalmente. Como é que as pessoas experienciam os instrumentos acústicos comparativamente aos digitais? Quais são as vantagens/desvantagens de cada um? As respostas demonstram que uma das diferenças mais significativas é que o instrumento digital pode ser criado para necessidades muito específicas, enquanto que com um instrumento acústico o utilizador tem de se moldar e habituar às limitações do instrumento. O instrumento digital é considerado muito específico e falta-lhe a generalidade do instrumento acústico. O instrumento digital é também volátil, a sua existência no futuro é incerta, pois pode deixar de funcionar em atualizações futuras ou deixar de ser suportado. O instrumento acústico não corre esse risco, e tem um arco de aprendizagem mais longo até ao domínio total do instrumento. Uma frustração comum com os instrumentos digitais é essa falta de limitação, há um desejo por um software que faça uma ou duas coisas bem e não cem medíocres. Na tabela 2 pode-se ver os prós e contras dos instrumentos acústicos e dos instrumentos digitais.

Instrumentos acústicos		Instrumentos digitais	
Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
<i>Feedback</i> háptico	Tessitura limitada	Livre de tradições musicais	Falta de substância
Limitações como inspiração	Não dá para editar falhas	Experimental e explorativo	Falta de legado e continuidade
Tradição e legado	Não é inteligente	Qualquer som e qualquer interface	Sem <i>feedback</i> háptico
O músico procura profundidade	Susceptível a clichés	Criado para necessidades específicas	Sem convenções sociais
O instrumento toca-se por intuição	Demasiada tradição	Liberdade de <i>layout</i>	Experiência virtual
Cada instrumento é único	Falta de inovação no design	Automação, inteligência	Preso pela história do acústico
Mais fácil transmitir emoção	Inflexível	Facilidade de composição	Imitação do acústico
Uso extrovertido	Menos acesso à microtonalidade	Aprendizagem mais rápida	Uso introvertido

Tabela 2 - Aspectos positivos e negativos dos instrumentos acústicos e digitais

Outra característica que os utilizadores reportaram sentir que está em falta nos instrumentos digitais é o processo de ir conhecendo as nuances possíveis num instrumento acústico, conhecer o instrumento e todos os sons que ele torna possível emitir.

As limitações dos instrumentos acústicos são vistas como fonte de criatividade e inspiração, gerando a vontade de explorar os limites do instrumento. O instrumento acústico, por ser um objecto físico que se relaciona com o utilizador, torna também possível uma ligação de valor emocional. Descobrir o instrumento, tratar da sua manutenção, o facto do próprio entendimento das possibilidades do objecto poder mudar consoante o estado de espírito do utilizador, tudo isso são coisas que não se verificam com os instrumentos digitais. Com estes, o desafio é mais seleccionar e refinar as ferramentas uma vez aprendidas, em oposição à constante aprendizagem e expansão do conhecimento que acontece com os instrumentos acústicos<sup>96</sup>.

Em geral, o forte dos instrumentos digitais é que se podem usar para criar um som específico que se tem em mente, enquanto que com os instrumentos acústicos, estamos presos às possibilidades acústicas disponíveis, e como já vimos, é raro desenhar-se um instrumento com um som específico e novo em mente. Compõem-se instrumentos digitais, para cada necessidade. Isso explica porque é que não parece haver continuidade e famílias de instrumentos no domínio digital, cada um é construído com base em necessidades

<sup>96</sup> MAGNUSSON, Thor; HURTADO MENDIETA, Enrike. **The acoustic, the digital and the body: a survey on musical instruments**, Brighton, RU, 2007. p.4

momentâneas específicas, não para um propósito geral, tornando-os pouco adaptativos.

A pesquisa envolvida na área dos novos instrumentos digitais envolve a exploração da importância da tangibilidade do instrumento de forma a criar uma interação expressiva. Há a tendência de tentar tornar a interface o mais tangível possível, não só através do rato e teclado como também através de apenas gestos da mão e de produtos periféricos. O design de produto está agora envolvido também nesta disciplina através da sua inclusão de métodos de design no desenvolvimento e conceptualização das interfaces e do estudo da interação humano - ferramenta.

## Ergonomia e usabilidade

Como foi referido anteriormente, existem várias escalas e dois métodos de calcular as suas frequências (temperamento justo e temperamento igual). As que dominam o panorama actual são a escala cromática, de 12 semitons (dó - dó# - ré - ré# - mi - fá - fá# - sol - sol# - lá - lá# - si) construída com o temperamento igual. No entanto há muitas outras escalas, algumas delas possíveis de construir com algumas das notas incluídas na escala de 12 semitons, outras que incluem notas que de maneira a serem obtidas numa escala de intervalos iguais, esses intervalos teriam de ser quartos de tom, ou menos, o que não é prático. É rara a utilização de escalas desse tipo na música ocidental.

No entanto, a escala cromática de 12 semitons tem mantido o seu lugar como standard de organização de notas também porque permite que muitas outras escalas sejam tocadas. Entre elas, as escalas diatónicas maior e menor, escalas hispano-árabes, escalas cigano-húngaras, escalas de blues, onde no ocidente incluem geralmente as escalas pentatónicas maior e menor, modos medievais. As escalas pentatónicas são consideradas das mais universais, porque estão presentes há séculos em música popular da China e Ásia, música

africana, música do médio oriente e balcãs<sup>97</sup>. Numa escala pentatónica não é possível tocar uma combinação de notas que soa dissonante. Qualquer combinação de notas é harmoniosa.

Por essa razão, no sistema de ensino musical criado por Carl Orff, que defende que as crianças devem ser encorajadas a ter um contacto exploratório prático baseado na experimentação física com a música, contra apenas apresentar conteúdo teórico e informativo<sup>98</sup>, de certa forma trazendo a música para a linguagem da criança, a brincadeira, a primeira escala introduzida é a pentatónica. Isto porque dá a liberdade à criança de explorar o instrumento sem limites, encorajando a improvisação e criatividade. A escolha da escala afecta a usabilidade no sentido em que cria constrangimentos de construção para o construtor, e de criatividade para o utilizador.

No que diz respeito à ergonomia, a opinião dos utilizadores é influenciada pelo facto dos instrumentos acústicos já terem séculos de desenvolvimento em relação aos digitais, o que faz com que as pessoas critiquem menos a sua usabilidade, com base numa falsa crença de que os instrumentos acústicos foram refinados ao longo dos tempos com preocupações ergonómicas, estéticas e timbrais, estando por isso muito bem adaptado ao corpo humano. Na verdade, na construção de instrumentos acústicos, como o objectivo é obter bom som, a ergonomia está limitada aos constrangimentos acústicos, o construtor tem de trabalhar com as dimensões que melhor funcionam para obter som e só depois preocupar-se com tornar a forma confortável para uso. Foi com este pensamento que os instrumentos ocidentais de orquestra foram sendo refinados, tendo como prioridade o volume do som e o timbre<sup>99</sup>.

De facto, nos instrumentos digitais a ergonomia tem um papel mais central. A construção da interface humano-ferramenta é possivelmente mais abordada

---

<sup>97</sup> POWELL, John. **How Music Works: The Science and Psychology of Beautiful Sounds, from Beethoven to the Beatles and Beyond**. New York: Little, Brown and Company. 2010 p. 121

<sup>98</sup> JORGENSON, Lisa. **An Analysis Of The Music Education Philosophy Of Carl Orff**, La Crosse, EUA. 2010. Dissertação de Mestrado. p.34

<sup>99</sup> MAGNUSSON, Thor; HURTADO MENDIETA, Enrike. **The acoustic, the digital and the body: a survey on musical instruments**, Brighton, RU, 2007, p.4

na ainda curta história dos instrumentos digitais do que em toda a história da construção de instrumentos acústicos.

As considerações ergonómicas na construção dos instrumentos acústicos devem prender-se principalmente com a postura adoptada durante a utilização. O instrumento deve ser confortável de utilizar durante muitas horas e procurar diminuir o risco de lesões de esforço repetitivo, que são as mais comuns nos músicos. Diminuir o esforço requerido para realizar tarefas que envolvam movimentos finos e otimizar a resposta ao toque do instrumento são abordagens a considerar. Permitir que o utilizador mantenha as costas direitas é essencial. Dependendo do tipo de instrumento e da acção que exige, existem zonas onde tensão se acumula. Pulsos, ombros, pescoço e costas são algumas das zonas mais comuns, no entanto pulsos e mãos são as zonas mais críticas, pelo que se encoraja a implementação de interfaces que permitam ao utilizador ter os pulsos relaxados.

### Capítulo III : Proposta de projecto

## Descobrir

Através da análise de instrumentos que foi feita anteriormente, podemos retirar algumas conclusões relativamente à complexidade de construção e à complexidade de uso do instrumento acústico: em geral, quanto mais simples a construção e menos componentes implicar, mais complexo é o domínio do instrumento, salvo raras excepções. Instrumentos de construção mais complexa e com muitos componentes, tendem a ser mais inteligíveis e com uma interface mais clara, sendo o exemplo mais popular o piano. Instrumentos com menos componentes, como o *dan bau* e o violino de campana, têm uma curva de aprendizagem mais lenta, que envolve mais memória muscular e mais movimentos finos, de forma a saber onde pôr os dedos para obter cada nota, ou conhecer as notas obtidas por frequências harmónicas do instrumento. Num instrumento de teclas ou de cordas com frete isso não é tão problemático e o utilizador pode fazer um progresso mais rápido, um facto encorajador para continuar a exploração do instrumento.

Esta característica, o timbre dos sons, é um campo de oportunidade a explorar na construção de novos instrumentos musicais, visto que a produção de música eletrónica, hoje em dia é seguramente maior que a produção de música acústica, e a edição de gravações através de Digital Audio Workstations<sup>100</sup> é uma certeza. A pós-produção e alteração digital está presente em tudo o que ouvimos, a não ser que o estejamos a ouvir ao vivo e acústicamente. Pode-se considerar que algumas das tendências dentro da produção de música como adicionar distorção, ecos, e a proliferação das *samples*<sup>101</sup>, tentam colmatar essa falta de carácter dos sons eletrónicos com apenas uma frequência, e trazer-lhes um pouco mais de realismo. Para além desse factor, é uma realidade o facto de podermos alterar qualquer tom digitalmente, no entanto,

---

<sup>100</sup> Ver glossário.

<sup>101</sup> Ver glossário.

estando o som gravado, não podemos alterar o timbre e o carácter dele posteriormente. Esse é o grande forte dos instrumentos acústicos hoje em dia.

Por outro lado, os instrumentos acústicos tendem a gerar mais facilmente uma comunidade à sua volta e actividades sociais como *jams*, sendo mais propensos à colaboração, porque apenas uma pessoa fica mais limitada nos resultados que pode obter sozinha comparando com as possibilidades da música em grupos. Tocar um instrumento electrónico é geralmente uma actividade mais solitária ou pelo menos, mais privada.

## Definir

Com base na pesquisa feita nos capítulos anteriores, aquilo que leva à inovação nos instrumentos musicais vai ao encontro daquilo que leva à inovação no resto dos utensílios; a inovação reflecte aquilo que é mais prático para as pessoas dentro de um contexto cultural, social, económico. No caso dos instrumentos musicais, a necessidade de novidade pode ter origem em vários factores dependentes do contexto, cultura e mercado, onde se inserem. A necessidade pode ser apenas hedonística e fruto da curiosidade espontânea ou algo mais demarcada, como a proibição feita por um regime ditatorial. Tendo em conta a pesquisa anterior, decidiu-se que as premissas do projecto prático deveriam ser as seguintes:

- Projectar um instrumento acústico, de corda, dentro de uma tipologia existente, tentando oferecer um timbre um pouco diferente que venha enriquecer a paisagem sonora portuguesa
- Fazê-lo da forma mais simples possível

As escolhas baseiam-se nos seguintes factos: um instrumento acústico, dadas as várias vantagens sobre o instrumento digital, dá feedback háptico, tem um carácter mais social, tem uma tradição estabelecida e o utilizador cria uma relação com o objecto. Dentro de uma tipologia existente, (dado o tempo

limitado para a finalização do projecto), faz mais sentido explorar uma tipologia existente que certamente produz som utilizável em música, do que começar uma exploração experimental que necessitaria de eventuais investimentos em termos de uma maior quantidade de tempo e de dinheiro, sem garantias de que funcione. Criar um instrumento dentro de uma tipologia existente traz também a vantagem de já estar criada uma cultura à sua volta, existirem produtos periféricos com grande disponibilidade, existirem pessoas que tocam instrumentos semelhantes.

Escolheu-se a tipologia dos instrumentos de corda beliscada, porque são instrumentos com uma grande tradição ibérica e portuguesa, presentes no nosso território há séculos. O nosso folclore inclui vários instrumentos deste tipo, destacando-se a guitarra portuguesa e a guitarra de coimbra, por serem os mais caracteristicamente portugueses e terem o timbre mais distinto de entre todos. Destaque também para o cavaquinho e a braguinha, que foi levada pelos madeirenses para o Hawaii dando origem ao ukelele. Não há no entanto, à data de hoje um instrumento de corda português que use uma superfície ressonante de membrana. Com enfoque no timbre, porque em termos de som é esse o elemento diferenciador. Em termos de dimensões, algo pequeno para diminuir o custo dos materiais e para que seja de fácil transporte e inclusivo às faixas etárias mais novas.

## Desenvolver

Dividindo o projecto por partes, temos caixa de ressonância, estrutura e forma geral, e afinação.

Em termos de estrutura geral pensou-se um instrumento pequeno, de cordas, de modo a baixar custos e simplificar construção, ao mesmo tempo que o torna mais facilmente acessível a crianças. Isto significa que terá de ter uma tessitura mais aguda.

Optou-se por usar madeiras relativamente baratas no braço do instrumento, pinho para dar forma à parte traseira do braço e contraplacado de bétula com espessura 5mm para a parte frontal, onde se pisam as cordas. Isto porque é necessária uma superfície rígida, e com boa qualidade e acabamento para suportar o desgaste causado pelo uso.

Numa tentativa de obter um timbre diferente, optou-se por uma superfície ressonante de membrana, e ainda por trastes de corda ou arame. A caixa de ressonância consiste em pele natural esticada sobre um cilindro em contraplacado. O facto da superfície de ressonância ser uma membrana, faz com que os sons mais agudos se destaquem, o que combina bem com as dimensões do instrumento. O facto de não haver, tecnicamente, caixa de ressonância, retira brilho e volume ao instrumento, no entanto, a adição de uma placa de contraplacado de modo a fechar a estrutura e formar uma caixa de ressonância é uma possibilidade para um desenho futuro.

Optou-se por diferenciar também através dos trastes, sendo eles de fio, corda ou arame. Isto dá a possibilidade de influenciar o timbre através do material de que o traste é feito. Quanto mais duro, mais brilhante o som, quanto menos duro, mais abafado. Também dá a possibilidade de mudar a escala do instrumento, não ficando assim limitado a uma escala. Para tal, colocar-se-iam os trastes nas zonas correspondentes a frequências de escalas diferente, uma vez que é possível fixar os trastes filiformes em qualquer zona do braço. Para facilidade de uso, os locais para colocar trastes foram pré furados segundo uma afinação de escala pentatónica maior. No entanto, tem de se dar especial cuidado aos nós aplicados para que não se soltem. Os materiais que melhor funcionarão são o fio de fluorcarbono, e corda sintética com espessura de entre 1 a 2 mm. No entanto, tem de se dar especial cuidado aos nós aplicados para que não se soltem.

Os pontos de fixação das cordas são directamente na estrutura cilíndrica sobre a qual a membrana está esticada, e no final do braço, no lado posterior, através de parafusos sem-fim habitualmente aplicados nestas situações.

O cavalete é de mogno ou uma madeira de rigidez equivalente.

Entregar

Como resultado final, o objecto desenhado pode ver-se nas imagens.

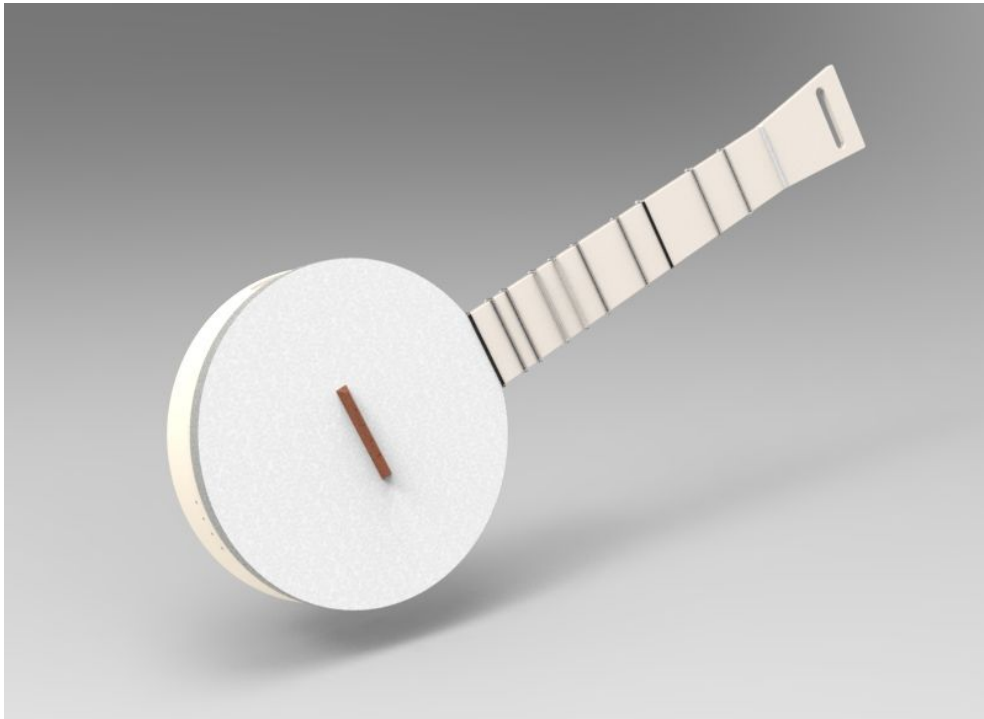


Figura 34 - Vista geral do objecto

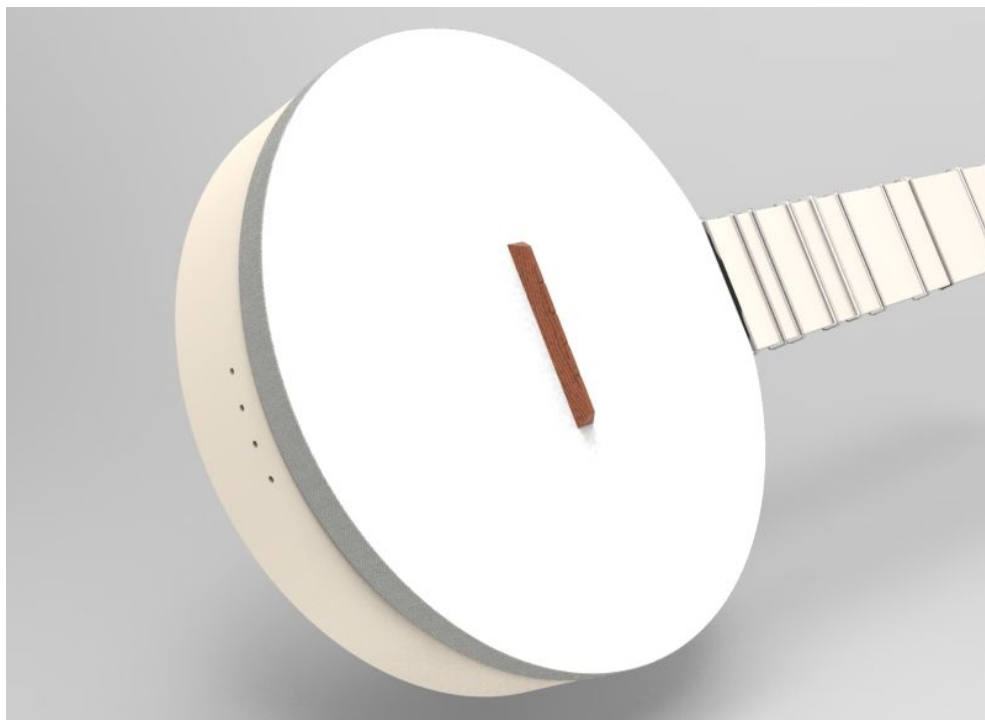


Figura 35 - Detalhe para fixação de cordas e cavalete

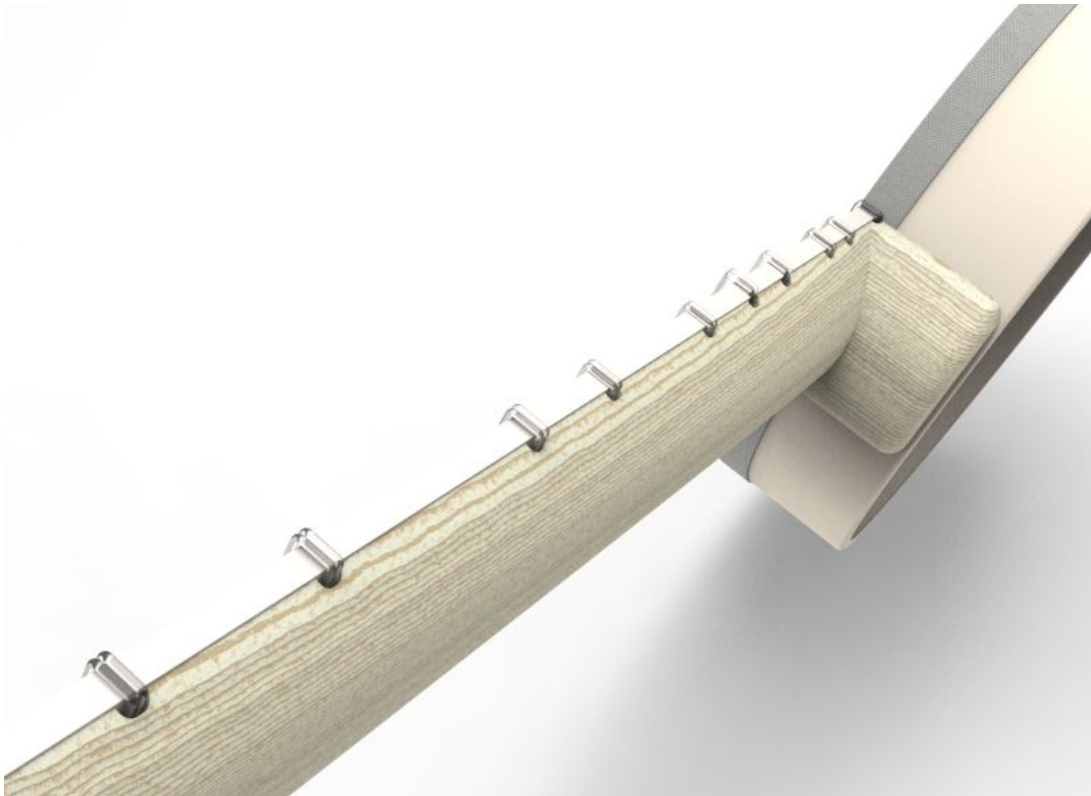


Figura 36 - Detalhe da furação para guia de colocação dos trastes

## Conclusão

Ao longo desta dissertação de mestrado foram explorados conceitos relevantes à volta da intersecção entre o Design de Produto e o som. Procurou-se compreender quais as ligações entre as duas áreas e explorar em particular a zona mais comum entre os dois até à data: o design de instrumentos musicais. A consideração deste tema para um estudo aprofundado feito nesta dissertação provém da curiosidade e da constatação de que não tem sido um tema abordado do ponto de vista do design de produto. O design de instrumentos musicais trata-se de uma área bastante interdisciplinar, e por isso foram obtidos conhecimentos base das áreas da física, organologia, etnografia e musicologia.

O estudo da audição e do som do ponto de vista da física permitiu compreender o funcionamento do som como fenómeno, e as suas propriedades que estão directamente ligadas aos instrumentos musicais e que têm de ser compreendidas de forma a projectar instrumentos.

O contexto histórico permitiu perceber como a criação e adopção de instrumentos musicais está tão dependente do contexto e cultura locais, e que as necessidades que os instrumentos musicais têm colmatado historicamente são necessidades ritualísticas, rotineiras, sociais, e lúdicas. Durante a maior parte da sua história os instrumentos foram ferramentas do quotidiano e não ferramentas de arte, ou obras de arte eles mesmo.

Através da análise de instrumentos simples percebeu-se a aplicação desses conceitos na prática e os maiores requisitos a ter em conta para cada tipo de instrumento. Com a análise do surgimento de um instrumento recente e da sua adopção pela cultura a que pertence, observou-se como todos os factores físicos, factores relativos à construção, e factores socioculturais mencionados anteriormente se influenciam mutuamente e em conjunto determinam se o instrumento é adoptado ou esquecido.

O estudo das outras áreas do design como o *sound design* e o design de interacção trouxeram a descoberta de alguns estudos que clarificaram a relação entre o utilizador e o instrumento acústico e o instrumento digital, para além do conhecimento sobre estas áreas que ficou de fora da dissertação.

Como resultado, o trabalho de projecto não é algo de disruptivo, mas serve como exemplo de aplicação dos conceitos estudados, sendo um ponto de partida para uma melhor compreensão do projecto de instrumentos musicais na óptica do design. A aplicação de trastes filiformes torna-o versátil e através da sua forma facilmente se integra na cultura musical portuguesa.

Como próximos passos, seria relevante tentar testar os instrumentos junto de músicos e stakeholders no mercado. Caso os testes fossem positivos, poderia-se assistir a uma entrada de novos instrumentos no círculo musical português, por muito ou por pouco tempo, é impossível prever. Seria interessante como exercício futuro escolher a abordagem alternativa à que foi aplicada neste projecto e criar uma interface que ao mesmo tempo seja fácil de compreender sem que dependa de tipologias existentes, ou das formas clássicas dos instrumentos.

## Bibliografia

ALLIN, E. **Evolution of the mammalian middle ear**, Journal of Morphology. 147, Dezembro 1975.

BURGESS, Geoffrey. HAYNES, Bruce. **The Oboe**. New Haven, Yale University Press, 2004.

CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009.

CHASE, Phillip; NOWELL, April, **Taphonomy of a Suggested Middle Paleolithic Bone Flute from Slovenia**, Current Anthropology 39, no. 4 (August/October 1998).

DAVIES, H. **Stroh violin**. In The New Grove Dictionary of Music and Musicians, Oxford University Press, New York. vol. 24, 2001.

HARA, Kenya. **Designing design**, Baden, Suíça, Lars Muller Publishers, 2007.

HAVERKAMP, Michael. **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suiça 2013.

HELMHOLTZ, H. **On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music**. 2009. (Em linha). (Consulta a 20-09-2019) Disponível em <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511701801>>

HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, See Sharp Press, Tucson, EUA. 1996.

HOPKIN, Bart. **Overtones harmonic and inharmonic.** (Em linha.) (Consulta a 15-08-2019) Disponível em: <<http://barthopkin.com/overtones-harmonic-and-inharmonic/>>.

HOPKIN, Bart. **Trends in New Acoustic Musical Instrument Design**, in Leonardo Music Journal, Vol. 1, No. 1, The MIT Press, Cambridge EUA, 1991.

**ISO 16:1975 Acoustics – Standard tuning frequency (Standard musical pitch).** International Organization for Standardization. 1975.

JORGENSON, Lisa. **An Analysis Of The Music Education Philosophy Of Carl Orff**, La Crosse, EUA. 2010. Dissertação de Mestrado.

KARTOMI, Margaret, **On Concepts and Classifications of Musical Instruments**, Chicago, University of Chicago Press, 1990.

**La scie musicale par Georges Baudalet** (Registo vídeo)(Em linha) Unisciel, Universidade do Lille, 2012. (Consulta a 21-09-2019). Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=DJW32Zc8cvQ>>

LEGGE, K. ; PETROLITO, J. **Designing idiophones with tuned overtones.** Acoustics Australia, Vol.35. August 2007. p. 49. Em linha. Consulta a 30-09-2019. Disponível em: <[https://www.acoustics.asn.au/journal/2007/2007\\_35\\_2\\_Legge\\_Petrolito.pdf](https://www.acoustics.asn.au/journal/2007/2007_35_2_Legge_Petrolito.pdf)>

MAGNUSSON, Thor; HURTADO MENDIETA, Enrike. **The acoustic, the digital and the body: a survey on musical instruments**, Brighton, RU, 2007.

NEWTON, Isaac , **Newton's Principia : the mathematical principles of natural philosophy**, New York, Daniel Adee, 1846.

NIME, **The International Conference on New Interfaces for Musical Expression** (Em linha) 2019 (Consulta a 10-10-2019) Disponível em <<https://www.nime.org/>>

POPE, U. **An Outline History of Persian Music and Musical Theory**, Survey of Persian Art, Vol. VI, 1973.

POWELL, John. **How Music Works: The Science and Psychology of Beautiful Sounds, from Beethoven to the Beatles and Beyond**. New York: Little, Brown and Company. 2010

RAULT, Lucie, **Musical Instruments: A Worldwide Survey of Traditional Music-making**, London, Thames & Hudson Ltd, 2000.

RAUTMAN, Marcus. **Daily Life in the Byzantine Empire**. Greenwood Publishing Group, 2006.

**Revision of the Hornbostel-Sachs Classification of Musical Instruments by the MIMO Consortium**, 2011. (Em linha.) (Consulta a 11-08-2019) Disponível em: <<http://www.mimo-international.com/documents/Hornbostel%20Sachs.pdf>>

SACHS, Curt, **The History of Musical Instruments**, New York, Dover Publications, 1940.

SHEPARD, Marc. **Simple flutes, make them, play them**. Simple Productions, Arcata, California, 1992. (Em linha.) (Consulta a 20-09-2019.) Disponível em <<http://www.bamboocraft.net/forums/attachment.php?attachmentid=584&d=1149900014>>.

SMITHSONIAN, **Stroh One-String Jap Fiddle** (Em linha) 2015. (Consulta a 10-10-2019) Disponível em <[https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah\\_606394](https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_606394)>

SONG, Tang. **Jing's solo piano study**, Journal of the Xinghai Conservatory of Music, Xinghai, China, 2006. (Em linha.) (Consulta a 30-09-2019.) Disponível em: <[http://musicology.cn/papers/papers\\_1398.html](http://musicology.cn/papers/papers_1398.html)>

STUCKENBRUCK, Erin. **The Singing Blade: The History, Acoustics, and Techniques of the Musical Saw**, 2016. Senior Projects Spring 2016. Paper 383. (Em linha.) (Consulta a 21-09-2019) Disponível em <[https://digitalcommons.bard.edu/senproj\\_s2016/383/](https://digitalcommons.bard.edu/senproj_s2016/383/)>

**The Propagation of sound.** (Em linha.) (Arquivado a 30-04-2015. Consulta a 10-09-2019.) Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20150430054640/http://pages.jh.edu/~virtlab/ray/acoustic.htm>>.

**What is the framework for innovation? Design Council's evolved Double Diamond**, (Em linha) Design Council, 2019. (Consulta a 22-10-2019). Disponível em <<https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>>

YOUNG, Robert. **Terminology for Logarithmic Frequency Units** . Journal of the Acoustical Society of America. 1939.

## Fontes Iconográficas

**Figura 1** - Ouvido externo, médio e interno. Disponível em <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Ear-anatomy-text-portuguese.PNG>>

**Figura 2** - Representação esquemática da cóclea desenrolada. Retirado de: HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013.

**Figura 3** - Percurso do estímulo acústico no cérebro. Retirado de: HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013.

**Figura 4** - Onda sonora. Disponível em <<https://anasoares1.files.wordpress.com/2011/01/onda11.png>>

**Figura 5** - Onda sonora: comprimento de onda. Disponível em <<https://anasoares1.files.wordpress.com/2011/01/comprimento-de-onda1.png?w=361&h=242>>

**Figura 6** - Relação entre período e frequência de uma onda sonora. Disponível em <[https://anasoares1.files.wordpress.com/2011/01/som\\_freq1.png](https://anasoares1.files.wordpress.com/2011/01/som_freq1.png)>

**Figura 7** - Frequências de um som. Relação entre fundamental, harmónicos (harmonic) , frequências correspondentes a modos de vibração (overtones) e volume. Retirado de: HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013.

**Figura 8** - Série harmónica. Retirado de: HAVERKAMP, Michael, **Synesthetic Design: Handbook for a multisensory approach**. Birkhäuser. Basileia, Suíça 2013.

**Tabela 1** - Relação entre características da vibração e efeito na percepção do timbre. Retirado de: HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.

**Figura 9** - *Eames Musical Tower* em exibição na exposição *The World of Charles and Ray Eames*, na Barbican Art Gallery, Londres, 2016. Disponível em

<[http://blog.barbican.org.uk/wp-content/uploads/2015/12/eamemusicaltower\\_ga11.jpg](http://blog.barbican.org.uk/wp-content/uploads/2015/12/eamemusicaltower_ga11.jpg)>

**Figura 10** - Violino trapezoidal Savart. Disponível em <[https://finelystrung.files.wordpress.com/2013/10/dsc\\_0575.jpg](https://finelystrung.files.wordpress.com/2013/10/dsc_0575.jpg)>

**Figura 11** - Ellen Fullman toca o seu *Long String Instrument* durante uma performance em Los Angeles, EUA, 2017. Disponível em <[https://liquidarchitecture.org.au/thumbs/events/long-string-instrument/la2017\\_ellen-fullman-with-theresa-wong-long-string-instrument-keelan-ohehir-79-1000x714.jpg](https://liquidarchitecture.org.au/thumbs/events/long-string-instrument/la2017_ellen-fullman-with-theresa-wong-long-string-instrument-keelan-ohehir-79-1000x714.jpg)>

**Figura 12** - Modos de vibração e nódulos numa corda. Disponível em <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Harmonic\\_partials\\_on\\_strings.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Harmonic_partials_on_strings.svg)>

**Figura 13** - Cálculo das frequências em temperamento justo. Retirado de: HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.

**Figura 14** - Cálculo das frequências em temperamento igual. Retirado de: HOPKIN, Bart. **Musical Instrument Design**, Tucson, AZ : See Sharp Press, 1996.

**Figura 15** - O serrote. Disponível em <<https://i.ytimg.com/vi/T1155hC7vms/maxresdefault.jpg>>

**Figura 16** - O *kouxian*. Disponível em <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/5\\_Leaf\\_Kouxian.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/5_Leaf_Kouxian.jpg)>

**Figura 17** - Posição aproximada das aberturas numa flauta transversal em escala diatónica maior. Retirado de: SHEPARD, Marc **Simple flutes, make them, play them**. Simple Productions, Arcata, California, 1992

**Figura 18** - Representação esquemática de uma versão recente do *dan bau*. Retirado de: SONG Tang, Jing's solo piano study, Journal of the Xinghai Conservatory of Music, Guangzhou, China, 2006. Em linha. Disponível em: <[http://musicology.cn/papers/papers\\_1398.html](http://musicology.cn/papers/papers_1398.html)> Consulta a 30-09-2019

**Figura 19** - *Erhu*. Disponível em <[https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61%2Bj6mcszTL.\\_AC\\_SL1500\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61%2Bj6mcszTL._AC_SL1500_.jpg)>

**Figura 20** - Pestana do *erhu*. Disponível em <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Qian\\_Jin.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Qian_Jin.jpg)>

**Figura 21** - Arco do *erhu* em posição de descanso entre as duas cordas do instrumento. Disponível em <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Erhu-bow-hair-between-strings.png>>

**Figura 22** - Vários instrumentos da família do *Erhu*. Disponível em <<http://catalog.digitalarchives.tw/item/00/65/9b/8d.html>>

**Figura 23** - Diagrama do violino de campânula de Taiwan. Disponível em <<http://shs.ntu.edu.tw/shswp-contentuploads2012091MINI.jpg>>

**Figura 24** - Violino Stroh. Disponível em <[https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN01083/AN01083364\\_001\\_l.jpg](https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN01083/AN01083364_001_l.jpg)>

**Figura 25** - Músico toca o violino de campânula de Taiwan. Disponível em <[https://openmuseum.tw/muse/digi\\_object/c390c4668fa6b5cf63d16edb169b5541](https://openmuseum.tw/muse/digi_object/c390c4668fa6b5cf63d16edb169b5541)>

**Figura 26** - One-string Japanese Fiddle. Disponível em <<http://ids.si.edu/ids/deliveryService?id=NMAH-79-11084&max=1000>>

**Figura 27** - Sorna. Disponível em <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Sorna2.jpg>>

**Figura 28** - Suona. Disponível em  
<<http://bbs.yanzoujia.net/UpFiles/Article/2013/5/28/5.gif>>

**Figura 29** - Shawm. Disponível em  
<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Salmaj.jpg>>

**Figura 30** - O Oboé ocidental actual. Disponível em  
<<https://www.meyer-music.com/wp-content/uploads/2016/05/oboe.jpg>>

**Figura 31** - O violino Stroh actual. Disponível em  
<[https://folkfriends.com/cosmoshop/default/pix/a/z/35100-10926/35100-10926\\_01.jpg](https://folkfriends.com/cosmoshop/default/pix/a/z/35100-10926/35100-10926_01.jpg)>

**Figura 32** - Detalhe do cavalete e transmissão da vibração à mica. Disponível em  
<[https://folkfriends.com/cosmoshop/default/pix/a/z/35100-10926/35100-10926\\_03.jpg](https://folkfriends.com/cosmoshop/default/pix/a/z/35100-10926/35100-10926_03.jpg)>

**Figura 33** - Espectro de frequências e características do som do violino de campânula. Retirado de: CAI, Zhenjia. **Exploring the Adaptation of Musical Instruments from Taiwan's Trumpet Strings** in Journal of Wuhan Conservatory of Music, Vol. 4, 2009.

**Figuras 34, 35 e 36** - Imagens ilustrativas do trabalho de projecto. Arquivo da autora, 2019.

**Tabela 2** - Aspectos positivos e negativos dos instrumentos acústicos e digitais. Adaptado de: MAGNUSSON, Thor; HURTADO MENDIETA, Enrike. **The acoustic, the digital and the body: a survey on musical instruments**, Brighton, 2007.

## Glossário

**Amplitude** - Amplitude é uma medida escalar negativa, nula ou positiva da magnitude de oscilação temporal de uma onda neste caso sonora, que apresenta alternâncias em torno do eixo do tempo.

**Anti-nódulos** - Pontos num corpo vibratório que estão sujeitos à maior deslocação e variação de pressão durante um modo de vibração.

**Ciclo** - Numa onda sonora, ciclo é o percurso da vibração, desde um ponto até voltar a esse ponto, passando por todos os valores positivos e negativos da amplitude da onda.

**Comprimento de onda** - É a distância, em metros, em que o período de uma onda se repete. A distância horizontal que a onda viaja até completar um ciclo.

**Corpo Oscilante** - Corpo cujas vibrações originam a onda sonora

**Digital Audio Workstation** - qualquer software ou aparelho electrónico dedicado a gravar, editar e produzir ficheiros áudio.

**Elasticidade** - propriedade mecânica de alguns materiais de sofrerem deformações reversíveis, elásticas quando sujeitos à acção de uma força exterior e de voltarem à sua forma original quando estas forças exteriores se eliminam.

**Escala Cromática** - escala standard no Ocidente, divide uma oitava em doze intervalos de espaçamentos iguais.

**Escala Diatónica** - escala de sete notas que divide uma oitava em cinco intervalos de tom inteiro e dois de semitom. Escala típica da tradição musical ocidental, sendo a base das escalas diatónica maior (dó ré mi fá sol lá si) e menor e ainda dos sete modos tonais em uso actualmente.

**Escala Pentatónica** - qualquer escala de cinco notas. Escala que já foi usada em culturas musicais de todos os continentes, muito utilizada hoje em dia na improvisação

**Frequência de Ressonância** ou **Frequência Natural** - frequência ou conjunto de frequências particulares de um corpo em vibração, determinada pelo seu tamanho, forma, e composição.

**Frequência Fundamental** - Num som, existem várias frequências, a frequência fundamental é a mais baixa de todas e a que define a nota musical do som.

**Frequência** - Número de ciclos de uma onda sonora por segundo. A nota musical é uma consequência directa da frequência da onda sonora, quanto mais alta a frequência, mais aguda a nota.

**Frequências Harmónicas** - Num som, existem várias frequências, as frequências harmónicas são as frequências parciais que são múltiplas integrais da frequência fundamental. Fazem parte das frequências parciais.

**Frequências Parciais** - Num som, existem várias frequências, as frequências harmónicas são as frequências que são múltiplas integrais da frequência fundamental. Fazem parte das frequências parciais, e são as frequências parciais que também são múltiplas da fundamental.

**Inércia** - Tendência de um objecto em movimento de se manter em movimento na ausência de uma força externa em contrário.

**Intervalo** - Diferença de altura entre duas notas. Os intervalos têm como unidades de medida os tons e os semitons, e têm terminologias diferentes consoante a quantidade de tons e semitons entre cada uma das notas (intervalos podem ser segundas, terceiras, quartas, quintas, sextas, sétimas, oitavas, etc...)

**Massa** - propriedade física de um corpo que determina a aceleração desse corpo quando sobre a acção de uma determinada força.

**Modo de vibração** - Padrão de vibração de uma onda sonora movendo-se num objecto. Há muitos padrões de vibração (modos) a acontecer ao mesmo tempo.

**Modulação** - Processo musical utilizado para modificar a tonalidade de um segmento musical.

**Nódulos** - Pontos num corpo vibratório que estão sujeitos à menor deslocação e variação de pressão durante um modo de vibração.

**Nota** - Representação musical da frequência e duração de um som. É o elemento que compõe a música.

**Onda sonora** - onda de pressão que propaga uma vibração audível através de um meio gasoso, sólido ou líquido

**Oscilação** - movimento que se repete regular ou irregularmente durante um espaço de tempo definido.

**Período de uma Onda** - Duração temporal de um ciclo.

**Polifonia** - Na música, é uma técnica compositiva em que duas ou mais linhas melódicas se desenvolvem em simultâneo mantendo a harmonia.

**Resiliência** - Propriedade dos materiais que diz respeito à sua capacidade de acumular energia quando submetidos a stress sem ocorrer ruptura.

**Ressonância** - Maior amplificação das frequências, resultado da interacção de um sistema tipo caixa de ressonância com um elemento vibratório.

**Rigidez** - resistência de um corpo à deformação por uma força externa.

**Ruído** - Som quase inutilizável musicalmente. Som que tem na maioria das vezes alterações bruscas de tom e intensidade

**Sample** - Pequeno trecho sonoro retirado de obras musicais ou de outras gravações, para posterior reutilização numa nova obra musical

**Scientific Pitch Notation** - Sistema de notação científica para notas musicais

**Série Harmónica** - série infinita, composta de ondas senoidais com todas as frequências múltiplas inteiras da frequência fundamental.

**Temperamento Igual** - Sistema de afinação em que todas as notas da escala são equidistantes.

**Temperamento Justo** - Sistema de afinação em que os intervalos entre notas são baseados em proporções entre as frequências.

**Tensão** - Grandeza de força de tracção exercida sobre uma corda ou sólido similar.

**Tessitura** - conjunto de notas utilizáveis por um determinado instrumento musical.

**Timbre** - Carácter do som. Característica do som que nos permite identificar a sua origem. Podemos ouvir a mesma nota tocada por um piano ou um clarinete, mas sabemos que são sons muito distintos apesar de serem, em teoria, o mesmo. É o timbre que os diferencia.

**Traste** - Componente presente no braço de alguns instrumentos de corda, que tem como função delimitar o ponto em que a corda produz uma determinada frequência, e facilitar a utilização permitindo que se pise a corda em “casas” delimitadas pelos trastes e não apenas num ponto muito específico para obter essa frequência. Serve também de guia visual.

**Tom** - Na música, refere-se à altura do som. Equivalente à frequência fundamental.