

## UM INSTRUMENTO EM EVOLUÇÃO.

### NOVAS TENDÊNCIAS E POSSIBILIDADES NA CONSTRUÇÃO DE GUITARRAS.

RICARDO BARCELÓ

CEHUM.

DEPARTAMENTO DE MÚSICA DO I.L.C.H.

UNIVERSIDADE DO MINHO.

ricardobarcelo@ilch.uminho.pt

### INTRODUÇÃO.

Após uma rápida série de mudanças na passagem do século XVIII ao XIX, a guitarra barroca sofreu uma grande metamorfose que a transformou na guitarra clássica-romântica, sob a forte influência do estilo de construção do violino. Por finais do século XIX a guitarra deu um novo salto evolutivo, cujo paradigma foi o modelo de guitarra construído por Antonio de Torres, em Espanha. Assim nasceu a guitarra moderna.

Depois de cerca de meio século de relativa estabilidade organológica após a adoção das ideias de Torres, quer os guitarristas, quer os construtores de guitarras, promoveram novamente a experimentação para conseguir maior volume sonoro do instrumento e obter um timbre mais adequado aos gostos da época, introduzindo apenas algumas alterações, relativamente simples, sobre o modelo considerado *standard*. Só nos últimos trinta anos é que vemos aparecer novas propostas de alguns *luthiers* que se afastam notoriamente dos cânones impostos pela tradição e que entretanto ganharam numerosos adeptos no universo guitarrístico. Por tal motivo, corroborámos agora o que dissemos há cerca de duas décadas na introdução do livro “*La digitación guitarrística*”<sup>1</sup>: a guitarra é atualmente um instrumento em plena evolução. Nesse sentido, queremos focar a nossa atenção nas tendências relativamente recentes que estão a impor-se no mundo da guitarra, baseadas em inovações tecnológicas, derivadas primordialmente do uso de novos materiais.

É de ter em consideração que a velocidade com que estão a acontecer estas mudanças está a provocar um grande salto na evolução do instrumento. Chama a nossa atenção o facto de que as novas tendências na construção guitarrística tenham negligenciado a utilização de materiais não comuns neste campo, mas passíveis de serem adotados em técnicas contemporâneas de construção. Pensamos que a causa disto talvez radique na rapidez com que estão a implantar-se os novos conceitos. Certos materiais

Eliminado:

<sup>1</sup> Ricardo Barceló. *La digitación guitarrística*. Real Musical. Madrid, 1995. p. 7.

naturais não usados habitualmente poderiam ser utilizados de forma individual ou combinados com alguns produtos sintéticos de invenção recente, para investigar a possibilidade de os integrar na construção de instrumentos de alta qualidade, na procura de melhor sonoridade, facilidade de execução e, principalmente, de resposta às necessidades artísticas dos guitarristas.

## 1. A IMPORTÂNCIA DO TAMPO DA GUITARRA.

### **Antecedentes históricos.**

Normalmente, os avanços na construção de guitarras, tal como acontece com os restantes instrumentos musicais, ocorrem ligados, de forma estreita, à interação e à colaboração entre fabricantes e executantes. Nesse sentido, recordemos que num momento histórico de clara evolução da guitarra, o famoso guitarrista Fernando Sor manifestou algumas das preocupações que tinha relativamente à organologia da guitarra que hoje conhecemos como clássico-romântica, que expressou da seguinte maneira:

“Para que o tampo oscile suficientemente pela vibração que a corda lhe comunica quando é atacada, é necessário que este seja fino e de uma madeira muito leve para que possa prolongar o som. No entanto, se o tampo for muito fino, a tensão forte e contínua no cavalete a levaria ao colapso. Para impedir que o tampo ceda, os construtores tiveram a ideia de reforçá-lo com barras interiores, mas se estas forem muito rígidas, impedirão grande parte das oscilações do tampo”.<sup>2</sup>

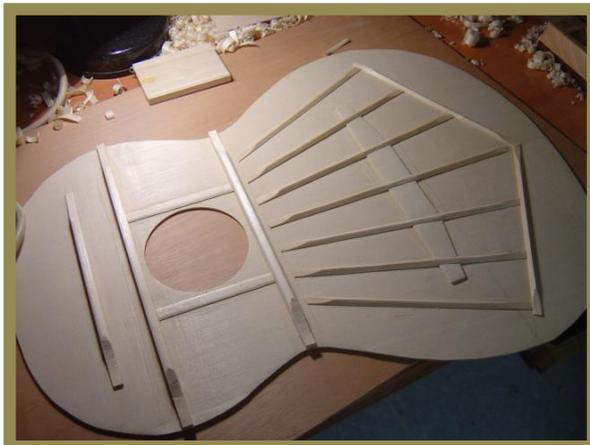
Nestas observações, que continuam vigentes quase dois séculos depois, Sor destaca que a elaboração da parte frontal do corpo da guitarra –o tampo– representa um importante desafio na construção de guitarras de concerto. Esta é uma das problemáticas que ainda ocupa os *luthiers* da nossa época, quando procuram um sistema de construção mais efetivo e funcional.

Os procedimentos criados pelos guitarreiros espanhóis no primeiro quartel do século XIX, na procura das características mencionadas, desembocaram finalmente num esquema geral de construção. Este tinha uma série de traços típicos que foram normalizados e integrados no chamado «estilo espanhol» de construção, que chegou a ser popular em toda Europa. As guitarras desse estilo possuíam um tampo bastante fino, mas fortalecido graças a um número variável de barras de madeira coladas na parte oculta do mesmo. As barras, de diverso tamanho e número, estavam dispostas em forma de leque, para servirem de reforço. Este é o sistema que ainda hoje se aplica para elaborar tamos

---

<sup>2</sup> Fernando Sor. *Método para guitarra*. Versão em castelhano de E. Baranzano e R. Barceló. Ed. Labirinto. Fafe, 2008. p. 17.

de guitarra clássica segundo o conceito tradicional e cujo aspeto, em geral, é semelhante ao da seguinte imagem, onde vemos um tampo de guitarra atual em construção.



**Fig. 1.** Tampo de guitarra em construção. Leque tradicional<sup>3</sup>.

Torres, pelo seu lado, após a realização de algumas experiências chegou à conclusão de que a qualidade e o volume sonoro de uma guitarra dependiam principalmente do tampo. Para o demonstrar construiu uma guitarra com o corpo de cartão -um material que não tem muita resistência nem boas propriedades acústicas-, ao qual colou um tampo de madeira que havia elaborado de forma habitual. O resultado sonoro aparentemente era idêntico ao das suas guitarras construídas inteiramente de madeira, tornando evidente a importância do tampo e revelando o seu papel fundamental na emissão do som<sup>4</sup>.

#### **Sonoridade do instrumento e conforto do guitarrista.**

Leveza, resistência e uma certa flexibilidade são características a ter em conta na elaboração de tampos de guitarra de concerto e que trazem consigo vantagens importantes. É sabido que um tampo com tais virtudes propicia a obtenção de uma boa resposta sonora e pode evitar que o guitarrista realize esforços inúteis com ambas as mãos<sup>5</sup>. O facto de que o tampo oscile com facilidade reduz ao mínimo o tempo de reação

<sup>3</sup> <http://foro.cuartitodiyer.com/viewtopic.php?f=6&t=492&p=15552>. Consultada no 12 de agosto de 2012.

<sup>4</sup> Mais informação em: José L. Romanillos. *Antonio de Torres. Guitarrero, su vida y obra*. Escobar Impresores. El Ejido, Almería, 2004. p. 105.

<sup>5</sup> Uma moderada flexibilidade e leveza do tampo fazem possível que o mesmo ceda ligeiramente quando dos dedos da mão esquerda calcam as cordas no diapasão e também que se mexa com mais facilidade

do mesmo para que projete o som logo que os dedos põem as cordas a vibrar<sup>6</sup>. Isto faz com que a mão direita possa controlar toda a gama dinâmica com relativa facilidade durante a execução instrumental e até pode ajudar a ocultar alguns ruídos leves produzidos durante a pulsação, por não haver quase desfasagem entre o ataque e a emissão do som. No contexto artístico, todos estes fatores podem ajudar o guitarrista a sentir-se mais confortável durante a execução, tornando a comunicação das suas intenções musicais mais natural.

## 2. USO DE MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS.

Como dissemos anteriormente, nas últimas décadas vários *luthiers* realizaram experiências com novos materiais e sistemas de construção que paulatinamente estão a começar a competir com os tradicionais. Entre os materiais não convencionais utilizados na construção de guitarras encontram-se, a título de exemplo, a madeira balsa, a fibra de carbono e o *nómex*. Todos eles têm algo em comum: já foram usados na construção de objetos que devem ser muito ligeiros para poderem obter velocidade ou para voar, tais como carros de competição, aviões e miniaturas de modelismo e, ao mesmo tempo, serem muito resistentes.

**A balsa.** É uma madeira que provém da árvore tropical denominada *balsa*<sup>7</sup>, usada tradicionalmente no aeromodelismo pela sua leveza pois, embora seja uma madeira de muito baixa densidade, é bastante forte em comparação com outros materiais mais pesados.

**A fibra de carbono** é uma fibra sintética derivada da grafite, que deve ser usada integrando um material composto elaborado com uma resina epóxi<sup>8</sup> especial; pois é só assim que esta fibra pode obter todas as propriedades que a caracterizam. Desta maneira possui uma resistência similar à do aço, mas é muito mais ligeira do que este metal e, para além disso, suporta o fogo e o contacto com a água.

Nos últimos anos o composto de que falámos tem-se usado em combinação com madeira balsa, pois estes materiais juntos oferecem uma resistência fora do comum, tendo em conta o seu reduzido peso. Balsa e composto de carbono são os materiais que

---

quando os dedos da mão direita atacam as cordas, reduzindo a quantidade de força muscular que é necessária para calcar as cordas ou para fazer reagir sonoramente o tampo, comparativamente a um tampo mais rígido e pesado.

<sup>6</sup> Pode estabelecer-se algum paralelismo como as características necessárias para o bom funcionamento do cone dum altifalante, que deve ser muito sensível à vibração mas bastante resistente, embora este não esteja sujeito à tensão das cordas.

<sup>7</sup> O seu nome científico é *ochroma pyramidale*.

<sup>8</sup> É um polímero com capacidades adesivas que é endurecido mediante um catalisador.

foram utilizados pelo *luthier* australiano Greg Smallman, no último quartel do século XX, para reforçar os tampos das suas guitarras, de maneira a poder torná-los muito finos –e consequentemente muito reativos–, mas ao mesmo tempo dotá-los da capacidade de suportar perfeitamente a tensão das cordas. Os materiais não convencionais adotados por Smallman eram novos na construção de guitarras mas não a ideia que sustenta o seu uso, pois Sor já tinha exposto essa problemática sobre a construção do tampo na primeira metade do século XIX, como antes vimos. Isto revela a validade das observações realizadas por Sor, embora estivessem referidas a um outro conceito de construção.

O *nomex*<sup>9</sup> *honey-comb* é um tipo de papel fino e flexível elaborado com uma fibra sintética chamada *aramida*. Este vem moldado de fábrica com a forma dos alvéolos hexagonais dos favos de abelha e com uma espessura de menos de um centímetro. Tal como acontece com a fibra de carbono, é necessário que o *nomex* seja utilizado junto com uma resina adequada para ganhar resistência e rigidez. O produto resultante é leve, forte, ignífugo e resistente à água.



**Fig. 2.** *Nómex honey-comb*.<sup>10</sup>

### 3. O USO DE FIBRAS SINTÉTICAS E NATURAIS.

Vemos que o uso da fibra de carbono já está bastante difundido na construção de instrumentos musicais nos inícios do século XXI<sup>11</sup>. Além da sua leveza e rigidez, uma das importantes virtudes dos materiais compostos elaborados quer com fibra de carbono, quer com *nomex*, utilizados também na produção de carros e na indústria aeronáutica,

<sup>9</sup> Nomex é uma marca industrial registada de DuPont.

<sup>10</sup> <http://www.lmii.com/carttwo/thirdproducts.asp?NameProdHeader+=Nomex> (consultada no 29 de dezembro de 2012).

<sup>11</sup> A utilização de fibras combinadas com uma resina ou cola não é recente, pois já se utilizavam faixas de tecido elaborado com fibras de linho e cola animal na colagem interior de alguns alaúdes, desde há pelo menos 400 anos.

por exemplo, é que são ignífugos, como já dissemos. Curiosamente, estes materiais também são empregues nas novas tecnologias aplicadas à fabricação de guitarras; mas o facto de que a fibra de carbono e a fibra de *aramida* sejam resistentes às altas temperaturas e até ao fogo, é claramente irrelevante na construção de guitarras. Tendo isto em consideração, talvez valeria a pena experimentar de forma alternativa o uso de fibras de linho, cânhamo, sisal, ou inclusive outras fibras<sup>12</sup> integradas em compostos elaborados com colas ou polímeros<sup>13</sup>. Estes produtos talvez não possam suportar altas temperaturas, mas podem ser muito fortes e adequados para o uso que propomos. Os compósitos criados poderiam servir para elaborar ou reforçar diferentes elementos da estrutura interna da guitarra, tal como as barras do tampo. Cremos que poderá valer a pena experimentá-los, visto que o uso separado dos materiais de que falámos já teve sucesso na construção de instrumentos musicais de corda pulsada.

#### **Limites do uso da fibra de carbono na fabricação de guitarras clássicas.**

Hoje em dia existem grandes empresas que produzem guitarras «*acústicas*» a nível industrial, cujo tampo –e até o corpo inteiro– é feito de compósito de fibra de carbono. Estes instrumentos, destinados primordialmente à interpretação de música ligeira, possuem a vantagem de serem muito resistentes e praticamente insensíveis à humidade, ao contrário do que acontece com as guitarras feitas de madeira e também com a cola que é utilizada habitualmente na união das suas diferentes partes. Por outro lado, alguns construtores de guitarras e instrumentistas acham possível fazer guitarras de concerto de maneira análoga. Pensamos que, do ponto de vista da eficiência do tampo de carbono na amplificação das vibrações transmitidas pela oscilação das cordas, talvez esta afirmação seja acertada. Mas é pouco claro que seja aceitável a qualidade tímbrica destes instrumentos para a sensibilidade artística dos executantes de guitarra clássica e, além disso, que o público goste de uma qualidade sonora diferente à dos padrões habituais que proporciona a madeira natural nos instrumentos de alta qualidade.

Apesar do que foi dito, não achamos descabido que algum material sintético com uma estrutura molecular idêntica à da madeira possa ser utilizado na futura construção de guitarras com resultados audíveis similares, ou melhores aos que se podem obter mediante a execução de instrumentos feitos com os materiais usados até agora.

#### **NOVOS RUMOS NA CONSTRUÇÃO DE GUITARRAS E VIOLINOS.**

<sup>12</sup> Mais informação sobre fibras vegetais em: Manuel J. Macía. *Las plantas de fibra*. <http://pt.scribd.com/doc/52443607/Las-plantas-de-fibra> (consultada no 5 de dezembro de 2012).

<sup>13</sup> A polimerização é um processo químico pelo qual se ligam várias moléculas de um composto mediante o calor, a luz ou um catalisador para formarem uma cadeia de ligação múltipla e obter uma macromolécula que é denominada polímero.

### Inovação no violino.

Existe um elo oculto entre o violino e a guitarra que foi um fator determinante na evolução da guitarra desde os inícios do séc. XIX: a influência do violinismo no guitarrismo. Esta abrange a transferência de elementos organológicos do violino para a guitarra, que se reflecte num número significativo de inovações na mesma. Uma das razões prováveis deste *contágio* organológico, exacerbado por ter acontecido num momento histórico em que o violino sofreu uma crise provocada pela mudança dos gostos musicais a favor da guitarra, é que vários fabricantes de violinos também faziam guitarras<sup>14</sup>.

Seguindo uma corrente em sentido inverso, é interessante ver que a aplicação de ideias de aparecimento recente não só se tem manifestado na fabricação de guitarras, mas também nos instrumentos de corda friccionada, provavelmente motivadas pelas experiências bem-sucedidas de Smallman, realizadas desde há cerca de 30 anos. No ano 2005, o *luthier* Douglas Martin apresentou publicamente em Nova Iorque um novo protótipo de violino: o Balsa 4<sup>15</sup>. Quando o instrumento foi experimentado publicamente, a sua resposta sonora espantou os presentes pela sua potência e projeção. Um dos objetivos fundamentais de Martin é conseguir uma mistura de rigidez e leveza, particularmente no tampo, dado que no violino esta é a parte mais importante no que concerne à qualidade sonora do instrumento, tal como na guitarra. Aqui entram em jogo os materiais não convencionais, porque o material composto por fibras de carbono estratificado e madeira balsa é rígido, mas é muito menos denso do que o abeto (*pinus abies*) que normalmente é utilizado na elaboração do tampo.

Pelo seu lado, Martin Schleske, destacado fabricante de violinos na Alemanha expressou:

"a madeira atingiu os limites do seu potencial na primeira metade do século XVIII". Não tenho dúvidas de que se Stradivari hoje estivesse vivo com a mesma força de inovação, já teria descoberto as fascinantes propriedades da fibra de grafite e nos teria conduzido a uma nova etapa dourada da produção de violinos.<sup>16</sup>

<sup>14</sup> Mais informação nos artigos: Ricardo Barceló. *Guitarra, música y poder femenino*. Revista *Sexto Orden*, Ano 4, Vol. 1. Madrid, janeiro de 2012: <http://sextoorden.blogspot.pt/2012/01/revista-n7-sexto-orden.html>, e Ricardo Barceló. *Del violín a la guitarra: influencias en la técnica, escritura, organología y expresión*. Revista Roseta N.º 5. Madrid, dezembro de 2010.

<sup>15</sup> Andrew C. Revkin. *String Theory: New Approaches to Instrument Design*. Artigo do *The New York Times*, 2006.

<http://www.nytimes.com/2006/11/28/science/28acou.html?pagewanted=all> (consultada no 7 de agosto de 2012).

<sup>16</sup> *Ibidem*.

Estas observações vêm reforçar a importância que tem a utilização de novos materiais na construção de instrumentos de corda pulsada e friccionada, cujo desenvolvimento poderia ser ainda maior no futuro.

Em relação à guitarra moderna, é interessante observar que, depois de algum tempo de relativa estabilização dos sistemas utilizados na sua construção, a sua evolução continuou, fundamentalmente na procura das características acústicas a que os guitarristas da segunda metade do século XX davam preferência. Por essa altura, as exigências da música contemporânea, a busca de outras sonoridades na guitarra e outras razões de índole prática, levaram ao abandono das cordas de tripa, a favor das cordas sintéticas de *nylon*. Este era o material *estrela* daquela época, que tinha várias vantagens comparativamente à tripa, tais como maior resistência ao atrito e a humidade. Esta mudança, assim como a chegada mais tardia das cordas elaboradas com compostos de carbono, entre outros materiais, teve efeito nos parâmetros de execução dos guitarristas, alterando as suas expectativas no campo do som, e uma repercussão notória nas inovações organológicas.

Os desvios em relação ao modelo guitarrístico *tradicional*, que ainda domina no presente, baseiam-se primordialmente na experimentação de técnicas novas, materiais alternativos e sistemas de construção tais como os que já temos referido; no entanto, é interessante ver que alguns dos sistemas antigos mais engenhosos, criados na época dourada da guitarra clássico-romântica, têm-se adaptado também à construção contemporânea de algumas guitarras, o que pode ser entendido como uma atualização das práticas de certos *luthiers* do século XIX, embora não sejam cópias exatas de tais invenções. Com efeito, podemos ver guitarras atuais que incorporam recursos de essa época que tinham sido abandonados, tais como braços com ângulo variável, ou dois tampos, entre outros exemplos.

##### **5. UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS NATURAIS ALTERNATIVOS.**

Em relação ao uso de materiais alternativos na construção de guitarras, seria possível considerar o uso de dois tipos de materiais naturais bem conhecidos, leves e altamente resistentes, que foram utilizados historicamente com êxito para integrar partes de artefactos voadores, tais como os talhos da cana comum *arundo donax*, das canas bambu

e tacuara (*guadua trinii*)<sup>17</sup> e os ramos do arbusto *salix viminalis*. Mas, até o momento, não conhecemos referências sobre a empregabilidade dos mesmos na construção de guitarras.

O uso de talos de cana já é familiar no universo dos instrumentos musicais, visto que têm-se utilizado tradicionalmente na fabricação de diferentes tipos de flauta e na embocadura de diversos instrumentos de sopro. Desde a antiguidade alguns tipos de cana também foram utilizados na Europa e Ásia pela sua leveza, flexibilidade e resistência na fabricação de objetos voadores tais como papagaios (Fig. n° 3) e foguetes.



**Fig. 3.** Drake (papagaio). *Mysteries of nature and art*. John Bate, 1634<sup>18</sup>

Do nosso ponto de vista, o vime é um outro produto interessante obtido de plantas do género *salix*, destacando o *salix viminalis*. Um dos balões aerostáticos lançados em Paris pelos irmãos Montgolfier (Fig. n°4), no ano 1783, levava uma cesta de vime para transportar as pessoas, e esse material foi escolhido pela sua leveza e resistência que, como agora sabemos, são características vantajosas na elaboração de artefactos

<sup>17</sup> É de destacar que, quer os talhos da cana bambu, oriunda da Ásia, quer a cana *tacuara*, procedente da América do Sul, são usados tradicionalmente na fabricação de boas canas de pesca e eventualmente lanças, visto que nestes artefactos também são valorizadas propriedades físicas tais como a leveza, a fortaleza e a flexibilidade, qualidades que possuem estes tipos de cana, e que são características consideradas úteis nos tampos das guitarras clássicas, como referimos anteriormente. Curiosamente, nos últimos anos as melhores canas de pesca são fabricadas com materiais compostos que integram fibra de carbono, material que agora é utilizado na construção de guitarras. Este facto sugere-nos que a cana poderia substituir a fibra de carbono, realizando o caminho inverso, e também que há uma possibilidade ainda não experimentada pelos fabricantes de guitarras.

<sup>18</sup> John Bate. *Mysteries of nature and art*. p.82. Londres, 1634:  
<http://lcweb2.loc.gov/service/rbc/rbc0001/2009/2009rosen1480/2009rosen1480.pdf> (consultada no 25 de agosto de 2012).

voadores, mas também na construção das guitarras de concerto. Um outro material com qualidades similares às do vime é a medula do rotim ou ratã (*calamus rotang*).

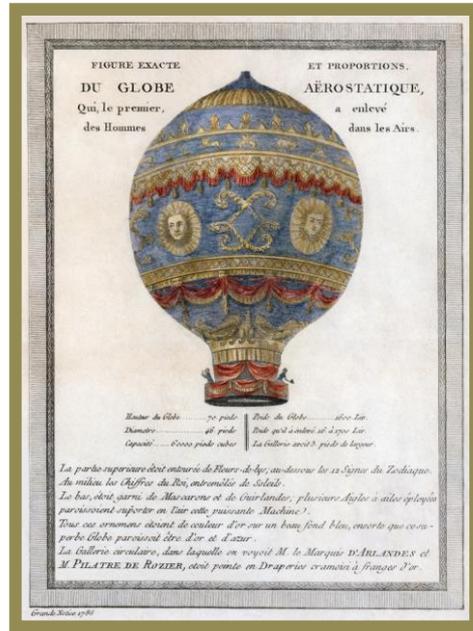


Fig. 4. Balão aerostático dos irmãos Montgolfier<sup>19</sup>

Baseando-nos nos dados expostos, achamos que seria positivo experimentar os materiais referidos na fabricação de peças de reforço e de suporte estrutural na construção de guitarras, investigando a possibilidade de que possam servir como alternativa ou complemento aos novos produtos de origem tecnológica.

## 6. NOVAS TENDÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO DE GUITARRAS.

No panorama atual, existem duas tendências principais na construção *vanguardista* de guitarras, que são os modelos australiano e alemão.

### O modelo australiano.

Podemos considerar que a primeira grande mudança que ocorreu no universo da construção de guitarras clássicas de concerto da nossa época aconteceu na Austrália, na

<sup>19</sup> *Figure exacte et proportions, du globe aérostatique, qui, le premier, a enlevé des hommes dans les airs/* Coleção Tissandier, *Bibliothèque du Congrès*. E-Corpus. Referência: dirisoft\_E000906: <http://www.e-corpus.org/notices/109311/gallery/> (consultada no 30 de agosto de 2012).

década dos 80 do século XX. Como já comentamos, quando Smallman apresentou um novo conceito de guitarra revolucionou o paradigma de construção moderna de guitarra. O *luthier* australiano utilizou novos materiais e sistemas de construção, mas conservou o aspeto da guitarra clássica tradicional nos seus instrumentos. Os novos recursos utilizados aumentaram a sensibilidade à vibração do tampo e também à potência da resposta sonora do instrumento em relação ao modelo de guitarra convencional<sup>20</sup>.

Smallman levou à prática a ideia de construir uma caixa de guitarra muito firme e rígida, tal como acontece na estrutura dos tambores e de outros membranofones, que possuem uma caixa espessa e resistente, laminada para esse efeito, e uma fina membrana tensa que se apoia sobre esta. A membrana estaria representada na guitarra por um tampo muito fino que possa vibrar com bastante liberdade; em princípio, o tampo ideal deveria ser infinitamente leve e sensível, mas também infinitamente resistente. Para que o tampo das suas guitarras fosse funcional, Smallman substituiu o leque habitual por uma grelha realizada com madeira balsa reforçada com fibra de carbono que fica colada na parte interior do mesmo. Esse tampo, por sua vez, fica colado sobre um corpo de guitarra muito firme e denso, de madeira laminada, para lhe conferir um suporte forte que concentre as vibrações no tampo, sabendo que esta parte da guitarra é a principal

---

<sup>20</sup> Nesse momento histórico o universo da guitarra parecia estar preparado para algumas mudanças: no ano de 1981, o famoso guitarrista John Williams começou a usar o novo modelo de guitarra construído por Smallman, divulgando as inovações deste *luthier*, e pouco tempo depois, em 1984, o músico uruguaio Abel Carlevaro também estreou um modelo inovador de guitarra ideado por ele próprio, cuja estrutura exterior e interior difere notoriamente da tradicional. Este modelo foi plasmado pelo guitarrista espanhol Manuel Contreras, somente utilizando materiais convencionais. Afortunadamente, por finais dos anos 80, tivemos oportunidade de falar com Contreras e com Carlevaro sobre este assunto. Graças aos relatos de ambos pudemos saber que, após uma primeira tentativa mal sucedida levada a cabo por um construtor uruguaio, Carlevaro ficou satisfeito com o instrumento fabricado por Contreras, que, graças à sua ampla experiência profissional, conseguiu fazer realidade o seu projeto com êxito. Contudo, Carlevaro comentava que Contreras “tinha usado madeira a mais” para concretizar a sua ideia e que havia realizado algumas alterações sobre a conceção básica com as que não concordava. Mais tarde, Carlevaro propôs ao *luthier* alemão Eberhard Kreul, outro grande e famoso artesão, “reformular” o *design* do seu modelo, a partir da sua ideia original, coisa que provocou o desagrado de Contreras, porque ele tinha descoberto a solução de uma série de problemas técnicos para concretizar o complexo desenho do guitarrista uruguaio, e pensava que a guitarra que ele tinha feito podia servir de base para a recriação ou o aperfeiçoamento deste modelo. Apesar de que no início Kreul não se mostrou muito entusiasmado com a proposta de Carlevaro, este convenceu-o finalmente a fabricar o seu modelo de guitarra. A partir desse momento Contreras abandonou a construção dos *modelos Carlevaro*, mas este tipo de instrumento ainda é construído na Alemanha por Kreul, seguindo os conselhos e indicações de Carlevaro. É de destacar que embora este *design* tem bastante adeptos, o modelo de Carlevaro não tem tido uma ampla aceitação internacional por várias razões. Entre elas pode estar a estética não tradicional do modelo, que obviamente é revolucionária. Este fato é importante tendo em conta que os guitarristas “clássicos” mostram-se geralmente bastante conservadores com o aspeto exterior do instrumento. Além disso a sonoridade deste tipo de guitarra é diferente à habitual, mas, no entanto, a sua resposta à pulsação não se afasta muito da que poderia ter um instrumento *normal* de alta qualidade. Por estas razões altamente subjetivas, desde o nosso ponto de vista, alguns guitarristas talvez podem não considerar adequada a aquisição de um “*Modelo Carlevaro*” para si mesmos.

responsável pela sonoridade do instrumento. A forma de grelha reforça de maneira uniforme grande parte do tampo, mas como esta é feita de madeira balsa reforçada com fibra de carbono, é suficientemente forte e leve para não impedir a liberdade das vibrações do tampo. Graças à sua leveza, este tipo de tampo é muito sensível aos impulsos que são transmitidos através do cavalete quando as cordas são postas em vibração, mas é suficientemente resistente para suportar a tensão permanente das cordas.

Os elementos revolucionários deste género de instrumentos são:

- *Latice bracing*, que é uma treliça ou grelha colada na parte interior do tampo construída com barras de madeira balsa reforçadas com fibra de carbono.
- Tampo extremamente fino ( $\pm 0,7$  mm).
- Estrutura interna e barras de reforço de madeira laminada muito densas e resistentes e, em consequência, muito pesadas relativamente aos padrões tradicionais.
- Fundo e ilhargas muito fortes e rígidas, feitas com madeira laminada.
- Ângulo do braço regulável.



**Fig. 5.** Guitarra modelo Smallman.



**Fig. 6.** Guitarra modelo Smallman.

Portanto, Smallman deu um contributo importante para a evolução da guitarra graças ao espírito de inovação que o levou a fabricar um instrumento com características apreciadas por numerosos guitarristas profissionais. Mas o seu trabalho também serviu também para inspirar e motivar outros *luthiers* a continuar o caminho da experimentação que deixou aberto. Com efeito, na atualidade há uma pléiade de guitarristas de todo o mundo que podem ser considerados continuadores do projeto de Smallman. Muitos deles reproduzem fielmente o seu modelo de guitarra, ou alteram alguns elementos, que normalmente não desvirtuam o conceito básico deste *design*.

#### **O modelo alemão.**

O guitarrista alemão Matthias Dammann construiu a sua primeira guitarra com tampo duplo no ano 1989, utilizando unicamente elementos fabricados com madeira. Mais tarde, este construtor colaborou com Gernot Wagner para realizar, no ano 1995, a primeira guitarra com tampo duplo que integrava *nómex* na sua elaboração<sup>21</sup>. Estes dois construtores foram os responsáveis pelo desenvolvimento e concretização deste conceito relativamente recente de construção de guitarras que tem grande sucesso, cujo sistema é

<sup>21</sup> Chris Kamen. Classical Guitars International, 2011. [http://www.classicguitar.com/doubletop\\_article.html](http://www.classicguitar.com/doubletop_article.html) . (consultada no 12 de agosto de 2012).

adotado por um número crescente de *luthiers* de todo o mundo, perante a demanda de muitos guitarristas profissionais.



Fig. Nº 7. Tampo duplo com *nomex* em preparação<sup>22</sup>

#### Características gerais:

Este género de guitarras possui um tampo composto realizado mediante um sistema conhecido como *double-top* ou *sandwich-top*, que está constituído por duas finas lâminas de madeira de cedro, de pinho ou de uma combinação de ambas, cada uma com cerca de 0,7 mm de espessura. Estas duas partes de madeira são coladas entre si, mas, entre ambas, é deixada uma zona oca conseguida mediante o talhado. Nesse espaço livre será colado um material de recheio pouco denso, para criar uma estrutura em forma de *sandwich* de menos de um centímetro de espessura que funciona como um tampo único. O material que fica entre as lâminas que integram o tampo pode ser madeira ou papel *nomex* «*favo de abelha*».

No caso da utilização de uma grelha de madeira como enchimento interior, esta pode ser colada aos tampos com cola tradicional. Mas, no caso de ser utilizado *nomex*, para lhe dar força e ao mesmo tempo o colar com os dois tampos de madeira, é necessário usar uma resina epóxi, dado que esta adere bem a todo tipo de materiais naturais e sintéticos, o que não acontece com a cola tradicional. Como os tampos utilizados neste estilo de construção são muito finos, e, conseqüentemente, frágeis, não é conveniente recorrer à pressão, ou à colocação de peso sobre os mesmos como habitualmente se faz para obter uma boa colagem. Assim sendo, é necessário o uso de

<sup>22</sup> <http://www.reynoldsguitars.com/dcon.shtml> (consultada no 12 de agosto de 2012).

uma câmara de vácuo que assegure um bom contacto da cola em todos os pontos de contacto e que permita manter uma ligação firme entre todas as partes.

Resumindo, os elementos principais e, até certo ponto novos, deste género de instrumentos são:

- Tampo composto.
- Utilização de um material de recheio.
- Colagem com resina *epóxida* para laminar.
- Uso de uma câmara de vácuo para a colagem.

## 7. POTENCIAL UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS NÃO CONVENCIONAIS E DE NOVOS MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO DE GUITARRAS.

### Talhado numérico mecânico e laser.

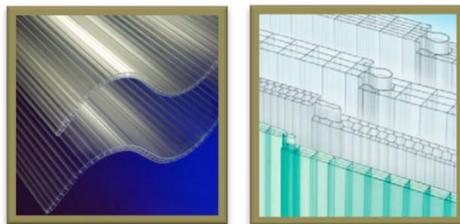
Achamos que existiria a possibilidade de criar novos tamos simples ou duplos mediante o talhado mecânico digital, realizado com fresadoras de controlo numérico (CNC), ou com sistemas de talhado laser, em forma de alvéolo de colmeia de abelhas (estrutura de conhecida resistência), de quadrícula, ou de outro padrão de talhado, sem a necessidade de utilizar colas nem resinas, embora sem descartar a possibilidade de reforçar alguma zona sujeita a maior tensão com elementos tais como barras de fibra de carbono, o de nanotubos de carbono diretamente colados ao tampo, ou talvez outros materiais que se revelem mais adequados à medida que a investigação nesta área avança.

Para concretizar esta ideia utilizando fresadoras seria necessário talhar um tampo de madeira com uma espessura inicial um pouco maior do habitual (+- 7 ou 8mm), e conseguir que cada uma das paredes dos alvéolos e a parte *plana* externa do tampo tenham uma grossura final aproximada de +- 0,7 mm, como máximo. O tampo deveria ficar com uma espessura total média entre 6 e 7 mm., mas esta poderia ser variável dependendo das zonas do tampo, da resistência da madeira utilizada e da espessura das paredes internas dos alvéolos. Também existiria a possibilidade de realizar um tampo mais ou menos equivalente colando duas partes diferentes, um tampo plano e fino, e uma chapa de madeira perfurada utilizando o padrão que venha a revelar-se mais adequado, desde que a madeira que fique à volta dos alvéolos ou das quadrículas resultantes seja mesmo muito fina, para facilitar a sua capacidade de vibração.

## Os plásticos.

Coincidimos com as apreciações de Owen Pedsgley acerca da conotação negativa associada à ideia de que um instrumento musical é de plástico, ou que contém partes elaboradas com este polímero. No entanto, Pedsgley oferece uma série de argumentos convincentes de diversa índole para a adoção de termoplásticos<sup>23</sup> na construção de guitarras,

O policarbonato está no mercado sob muitas apresentações diferentes, por exemplo, em placas compactas ou em painéis alveolares. Consideramos que o policarbonato, nas formas referidas, poderia ser perfeitamente utilizado como substituto da madeira, já que o policarbonato é muito resistente, termomoldável, leve, e muito estável perante as mudanças de temperatura.



**Figs. 8 e 9.** Painéis de policarbonato alveolar.<sup>24</sup>

Pedsgley defende particularmente o uso da espuma de policarbonato<sup>25</sup>, com a qual já tem realizado algumas experiências acústicas. Este investigador afirma que o facto da espuma de policarbonato ter um grande número de bolhas de gás no seu interior, faz com que as suas propriedades acústicas se aproximem muito às da madeira. Por essa razão, pensamos que a espuma de policarbonato seja provavelmente superior ao compósito de fibra de carbono na construção de algumas partes da guitarra, apesar de ambos os materiais partilharem muitas características interessantes do ponto de vista

<sup>23</sup> Owain Pedgley, Eddie Norman e Rob Armstrong. *Materials-inspired innovation for acoustic guitar design*. *METU Journal of The Faculty of Architecture*, Vol. 26, N<sup>o</sup>1, pp.157-175. 2009. [http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2009/cilt26/sayi\\_1/157-176.pdf](http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2009/cilt26/sayi_1/157-176.pdf) (consultada no 5 de setembro de 2012).

<sup>24</sup> Mais informação em <http://www.directindustry.es/prod/brett-martin-plastic-sheets/paneles-ondulados-de-policarbonato-alveolares-de-multiples-divisores-50058-568250.html> (consultada no 5 de setembro de 2012).

<sup>25</sup> Pode-se encontrar informação sobre este plástico em *Polycarbonate foam*: <http://www.toyota-ti.ac.jp/Lab/Zairyo/5z50/publications/066.pdf> (consultada no 5 de setembro de 2012).

acústico, dado que a fibra de carbono normalmente tem uma estrutura maciça e compacta, sem bolhas de gás dispersas no seu interior.

A desconfiança que é comum recair no uso de plásticos na construção de guitarras provém, por vezes, da falta de um conhecimento cabal dos novos materiais, ou pode provir de fatores estéticos e emocionais que, sem sustentação racional, se substituem à convicção baseada na justificação científica ou na experiência pessoal. Podemos constatar que, além de existir uma conceição estética estabelecida, na fabricação de instrumentos tradicionalmente feitos de madeira predomina um sentimento conservador<sup>26</sup>. Vários materiais descobertos nos últimos 50 anos poderiam potencialmente substituir a madeira na construção de algumas partes da guitarra.

Pedsgley, conhecedor dos produtos recentes da indústria dos plásticos, propõe a utilização da espuma de policarbonato na construção do tampo que, como sabemos, é a parte mais importante do instrumento do ponto de vista sonoro e tímbrico. Este investigador sustenta que se nos pudéssemos abstrair da parte visual, a sonoridade de um tampo de policarbonato é idêntica à que pode produzir um tampo de madeira. No entanto, até que as possibilidades desse material não sejam exaustivamente experimentadas, não podemos acompanhar totalmente as afirmações de Pedsgley, em especial porque este investigador toma como referência a sonoridade do instrumento conhecido como guitarra acústica, e não a da guitarra clássica. Porém, não temos dúvida de que alguns tipos de plásticos podem servir para fabricar alguns dos elementos constitutivos da guitarra, embora ainda tenhamos as nossas reservas em relação ao tampo, pelo menos nas guitarras de concerto.

Pensamos que as ilhargas, o fundo e o braço, são partes da guitarra que poderiam ser substituídas por peças de policarbonato, favorecendo, ou pelo menos não prejudicando, a qualidade sonora do instrumento. Aliás, revestir o policarbonato com finas lâminas de madeiras permitiria manter a estética tradicional do instrumento.

### **O *shrik*: um novo material.**

---

<sup>26</sup> É similar o que acontece com o uso de colas de origem animal, muito apreciadas pelos artesãos guitarreiros. As colas epóxi, por exemplo, são uns dos adesivos mais fortes da atualidade. Como vantagem adicional, estas colas podem ser preparadas para terem diferentes graus de rigidez ou flexibilidade dependendo das necessidades de cada caso. No entanto, apesar de não haver investigações que lancem resultados negativos sobre o uso das novas colas, há uma certa reticência dos guitarreiros a unir as partes da guitarra com colas não biológicas, ou de uso habitual, e a abandonar práticas que até agora têm dado bons resultados na construção de guitarras clássicas.

A cutícula natural do exosqueleto rígido dos insetos é composta de diferentes camadas de quitina, um polímero polissacarídeo e proteínas, dispostas numa estrutura laminar semelhante à da madeira. Alguns cientistas do Instituto Wyss de Engenharia Bioinspirada da Universidade de Harvard (EUA) desenvolveram, seguindo os passos da natureza, um novo material que é similar em resistência, força e versatilidade à cutícula dos insetos, e poderiam substituir os plásticos em muitos produtos. Estes investigadores criaram uma película forte e dura com uma resistência semelhante à de uma alheação ligeira de alumínio, mas com a metade do peso. O *shrlík* é flexível, fácil de moldar<sup>27</sup> e barato.

Estamos perante um produto que, especialmente pelas suas características de leveza, resistência e maleabilidade, não deveria ser desdenhado na construção de guitarras, podendo ser provavelmente experimentado na fabricação de diferentes partes da sua estrutura mediante diferentes técnicas de moldagem. O *shrlík* talvez poderia ser útil como verniz protetor da madeira.

## 8. UM NOVO PONTO DE PARTIDA

Tendo em consideração as observações que fizemos anteriormente, relativas aos pontos em comum que existem entre os materiais utilizados na moderna indústria aeronáutica e os usados nos recentes modelos de construção de guitarras, gostaríamos de propor o desenvolvimento de um novo conceito de construção de guitarras também inspirado na aeronáutica.

Desde o ponto de vista estético e funcional, o novo tipo de instrumento não seria diferente da guitarra clássica tradicional, mas a sua fabricação estaria sustentada em parâmetros totalmente novos. Em vez de utilizar os conhecimentos tradicionais de construção do instrumento e as referências organológicas mais habituais, a ideia base para definir o novo paradigma de guitarra estaria orientada pelos critérios de construção de uma aeronave. Um avião, por exemplo, possui uma estrutura interna rígida relativamente leve e uma capa exterior, denominada fuselagem, que é uma cobertura ligeira que dá corpo e coesão à nave, além de definir o seu aspeto. Para visualizar melhor o novo conceito de guitarra poderíamos imaginar uma estrutura similar a um esqueleto, ligeiro,

---

<sup>27</sup> Mais informação em: *Inspired by Insect Cuticle, Wyss Researchers Develop Low-Cost Material with Exceptional Strength and Toughness*.  
<http://wyss.harvard.edu/viewpressrelease/72/inspired-by-insect-cuticle-wyss-researchers-develop-lowcost-material-with-exceptional-strength-and-toughness> (consultada no 12 de agosto de 2012). Contato: Twig Mowatt, [twig.mowatt@wyss.harvard.edu](mailto:twig.mowatt@wyss.harvard.edu).

firme e resistente, com forma de guitarra clássica, revestida com uma película, relativamente fina e leve.

Os materiais que serviriam para fazer o *esqueleto* e a película de que falámos, serão os que se apresentem como mais adequados após investigação. Neste sentido deveríamos considerar a utilização de materiais de última geração. Por exemplo, mediante a nanotecnologia vários cientistas estão a produzir um produto derivado do carbono, que é considerado o material mais resistente conhecido até ao momento: os nanotubos de carbono, baseados em estruturas microscópicas denominadas *fullerenos*. Pensamos que o *esqueleto* de que falámos poderia ser construído utilizando materiais compósitos com nanotubos de carbono, em partes fabricadas em forma de módulos ensambláveis, de tamanho e desenho variável, para que possam adaptar-se às diferentes modalidades de construção artesanal o industrial<sup>28</sup>. Teoricamente, esta estrutura forneceria uma base muito sólida e resistente para colar finas lâminas de madeira sobre a estrutura base, sem risco de colapso do instrumento por causa da pressão das cordas e, ao mesmo tempo, dar a possibilidade de fazer uma guitarra que possa entrar facilmente em vibração graças as pulsação das cordas<sup>29</sup>.

Este facto seguramente permitiria obter uma potente projeção sonora durante a execução sem grande esforço e uma ampla prolongação dos sons emitidos. Estas qualidades podem refletir-se imediatamente num grande leque dinâmico disponível para o instrumentista e no *sustain* das notas produzidas pelo mesmo, facilitando o *legato* e tornando mais controlável o “canto” instrumental. Também são estas as características que procuram os instrumentos mais modernos, tal como as guitarras construídas segundo os modelos australiano e alemão que descrevemos anteriormente.

Por outro lado, a técnica de ensamblagem de uma estrutura rígida e a colagem da cobertura exterior é já um procedimento muito conhecido pelos grandes fabricantes de mobília, que torna ligeiros, resistentes e mais baratos, os objetos construídos desta forma, o que representaria um antecedente interessante para a produção em série de guitarras.

<sup>28</sup> Sobre este tema, consultamos ao Dr. Carlos Rodríguez Abreu, investigador do Laboratório Ibérico de Nanotecnologia ([www.inl.int](http://www.inl.int)), em Braga - Portugal, que nos esclareceu que, neste caso, a forma mais viável de utilizar os nanotubos de carbono (CN) é como aditivo para polímeros. Os CN devem estar distribuídos uniformemente no polímero para obter um material composto altamente resistente, cujo processamento seria similar ao de outros polímeros, em solventes, em estado fundido, ou integrando resinas. É de destacar que em concentrações a partir do 1% já melhoram notoriamente as propriedades mecânicas do composto.

<sup>29</sup> Cremos que este *esqueleto* também poderia ser realizado experimentalmente utilizando, entre outros materiais: madeira, cana, *shrilik*, fibra de carbono, policarbonato, alguns metais leves tais como o titânio, ou alguma combinação de alguns dos materiais nomeados. Agora que existem colas e resinas que podem unir todo tipo de materiais, é útil ter presente que neste aspeto há muito menos limitações do que no passado.

## CONCLUSÃO

Consideramos que através das páginas anteriores foi evidenciado que ainda existem muitas possibilidades de experimentação na *lutheria* guitarrística de vanguarda, à procura de melhores resultados sonoros utilizando materiais não convencionais, tais como a cana, o *shrik*, nanotubos de carbono, ou até os mais recentes materiais metálicos porosos e extremadamente leves, que imitam a estrutura dos ossos. Sem abandonar o uso da madeira natural, ainda é possível inovar mediante a adoção de técnicas tais como o talhado de madeira automático e de novos sistemas integrais de construção.

Para um artesão guitarrero, investigar sobre o uso de novas tecnologias na construção de guitarras pode ser bastante complicado e oneroso, pela reduzida quantidade de instrumentos musicais que pode produzir anualmente e pelas expectativas de rentabilidade do investimento necessário. A utilização de algumas máquinas e dispositivos normalmente está fora do alcance dos *luthiers* que trabalham numa oficina pequena. Normalmente, estes *luthiers* não estão em posição de ganhar novas competências profissionais para desenvolver totalmente o seu potencial inovador, e menos ainda de adquirir nova maquinaria especializada, por razões de índole económica.

No entanto, atualmente existe uma série de laboratórios *populares* de fabricação digital conhecidos como *Fab Labs*, que estão integrados numa rede mundial de instalações. Os *Fab Labs*<sup>30</sup> tem-se criado a partir de uma ideia inicial do MIT<sup>31</sup> e estão dotados com as ferramentas necessárias para que qualquer inventor ou criador, profissional ou não, possa concretizar as suas ideias. Estes laboratórios possuem fresadoras numéricas, impressoras 3 D, aparelhos laser, entre outras ferramentas, além do apoio de especialistas de cada ramo. O seu moderno equipamento torna possível a construção de praticamente qualquer coisa imaginável. Nesse sentido, os guitarreros artesanais que quisessem plasmar as suas ideias fabricando uma maquete ou um protótipo industrial, ou inclusive uma guitarra acabada, poderiam recorrer aos *Fab Labs* disseminados por diferentes partes do mundo, e assim poder testar o instrumento e fazer as correções ou os ajustamentos que fossem necessários.

---

<sup>30</sup> <http://fab.cba.mit.edu/about/labs/> e <http://fablabbrasil.org/o-que-e-fab-lab/> (consultada no 5 de setembro de 2012).

<sup>31</sup> <http://web.mit.edu/> (consultada no 5 de setembro de 2012).

Por outro lado, para uma grande fábrica de guitarras seria possível fazer investigação para construir instrumentos de altíssimo nível, utilizando as tecnologias mais modernas, incluindo impressoras 3D industriais, e os materiais mais avançados. A produção industrial teria a vantagem de tornar mais acessíveis os instrumentos de alta qualidade destinados aos guitarristas profissionais. Isto sugere-nos que poderia haver uma colaboração entre guitarristas artesanais, fabricantes e guitarristas, para tornar exequível a guitarra de concerto do futuro. De facto, já está a acontecer...

Pensamos que é importante que a procura de um volume grandioso da guitarra nos projetos de construção não seja uma obsessão, porque as características organológicas e a forma de execução da guitarra delimitam a sua potência sonora. Estamos de acordo em que é preciso investigar para saber qual é esse limite, sem esquecer que cada guitarrista é capaz de produzir uma sonoridade diferente de outro, até tocando na mesma guitarra. A busca da potência sonora é um objetivo válido, desde que não se descuídem outros aspetos tais como a beleza do timbre, a ductilidade sonora e a facilidade de execução.

A guitarra, por mais potente que seja o seu som, não pode brilhar sem amplificação eletrónica em locais muito amplos. Mas nem sequer é necessário chegar a tais extremos: o timbre da guitarra, quando esta é executada fora da sua *área de conforto*, fica desvirtuado: torna-se mais evidente a componente percussiva do seu som e desaparece, para o público, grande parte da ressonância que é própria do instrumento. Em conclusão, perde a sua beleza sonora.

Apesar de que há cerca de três décadas o paradigma de fabricação de guitarras começou a dar sinais de mudança, vemos que guitarra clássica construída segundo métodos e sistemas tradicionais ainda ocupa um lugar importante na atualidade, embora já tenha começado a partilhar esse lugar com os novos modelos de construção guitarrística que agora estão a afiançar-se. cremos que a guitarra construída à maneira tradicional ainda tem muito para dar e perdurará por muito mais tempo. Porém, como o demonstra a história, a evolução iniciada provavelmente já não vai parar e, nalgum momento, é possível que o instrumento acabe por sofrer uma metamorfose definitiva, mais ou menos visível, tal como aconteceu com a guitarra barroca, ou com a guitarra clássico-romântica. Baseando-nos na informação que expusemos neste artigo deduzimos que, de aqui a não muito tempo, será possível encontrar um número considerável de sistemas alternativos de construção de guitarras, desenvolvidos a partir de novos conceitos

apoiados em investigações científicas. Por este caminho, os construtores de guitarras de concerto talvez possam conseguir resultados acústicos cada vez mais previsíveis e satisfatórios do ponto de vista artístico-musical.

## BIBLIOGRAFIA

Andrew C. Revkin. *String Theory: New Approaches to Instrument Design*. Artigo do *The New York Times*, 2006. <http://www.nytimes.com/2006/11/28/science/28acou.html?pagewanted=all> (consultada no 7 de agosto de 2012).

Fernando Sor. *Método para guitarra*. Versão em castelhano de E. Baranzano e R. Barceló. Ed. Labirinto. Fafe, 2008.

*Inspired by Insect Cuticle, Wyss Researchers Develop Low-Cost Material with Exceptional Strength and Toughness*. <http://wyss.harvard.edu/viewpressrelease/72/inspired-by-insect-cuticle-wyss-researchers-develop-lowcost-material-with-exceptional-strength-and-toughness> (consultada no 12 de agosto de 2012)

John Bate. *Mysteries of nature and art*. p.82. Londres,1634. <http://lcweb2.loc.gov/service/rbc/rbc0001/2009/2009rosen1480/2009rosen1480.pdf>

José L. Romanillos. *Antonio de Torres. Guitarrero, su vida y obra*. Escobar Impresores. El Ejido, Almería, 2004.

Manuel J. Macía. *Las plantas de fibra*: <http://pt.scribd.com/doc/52443607/Las-plantas-de-fibra> (consultada no 5 de dezembro de 2012).

Owain Pedgley, Eddie Norman e Rob Armstrong. *Materials-inspired innovation for acoustic guitar design*, *METU Journal of The Faculty of Architecture*, Vol. 26, N°1, pp.157-175. 2009. [http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2009/cilt26/sayi\\_1/157-176.pdf](http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2009/cilt26/sayi_1/157-176.pdf) (consultada no 5 de setembro de 2012).

*Polycarbonate foam*: <http://www.toyota-ti.ac.jp/Lab/Zairyo/5z50/publications/066.pdf> (consultada no 5 de setembro de 2012).

Ricardo Barceló. *Del violín a la guitarra: influencias en la técnica, escritura, organología y expresión*. Artigo. Revista Roseta N° 5. Madrid, dezembro de 2010.

Ricardo Barceló. *Guitarra, música y poder femenino*. Artigo. Revista *Sexto Orden*, Ano 4, Vol. 1. Madrid, janeiro de 2012. <http://sextoorden.blogspot.pt/2012/01/revista-n7-sexto-orden.html>

Ricardo Barceló. *La digitación guitarrística*. Real Musical. Madrid, 1995.