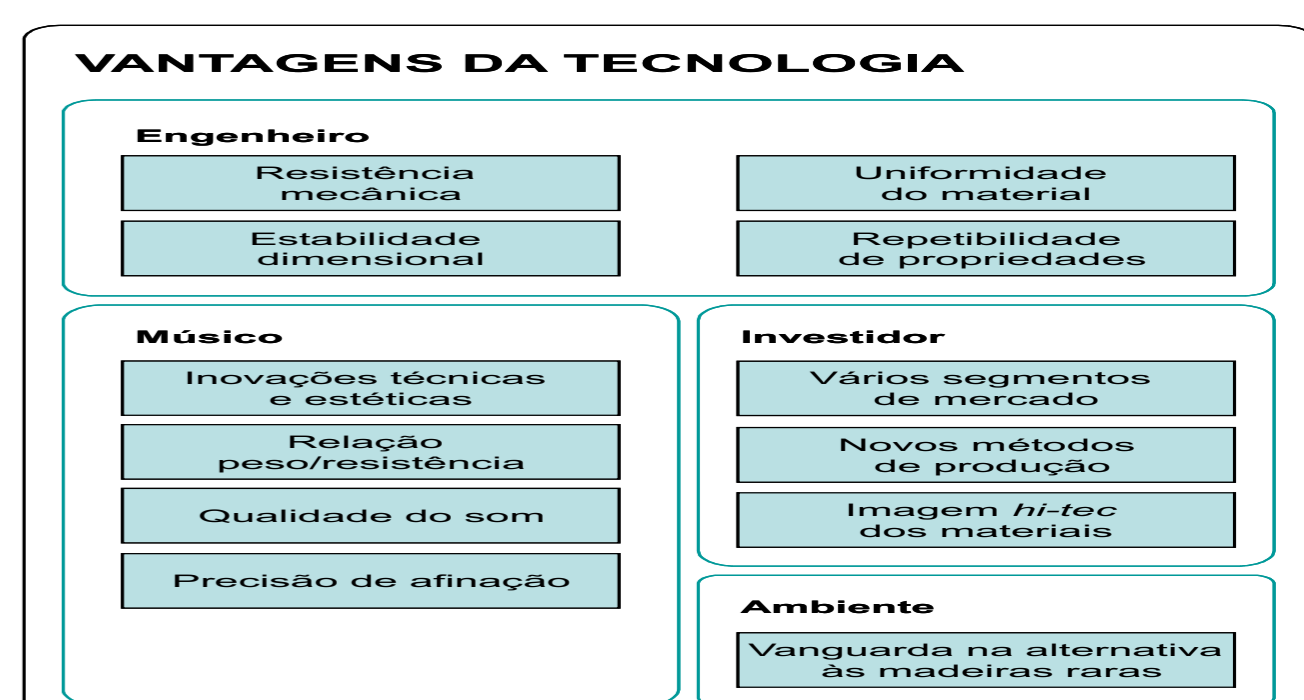
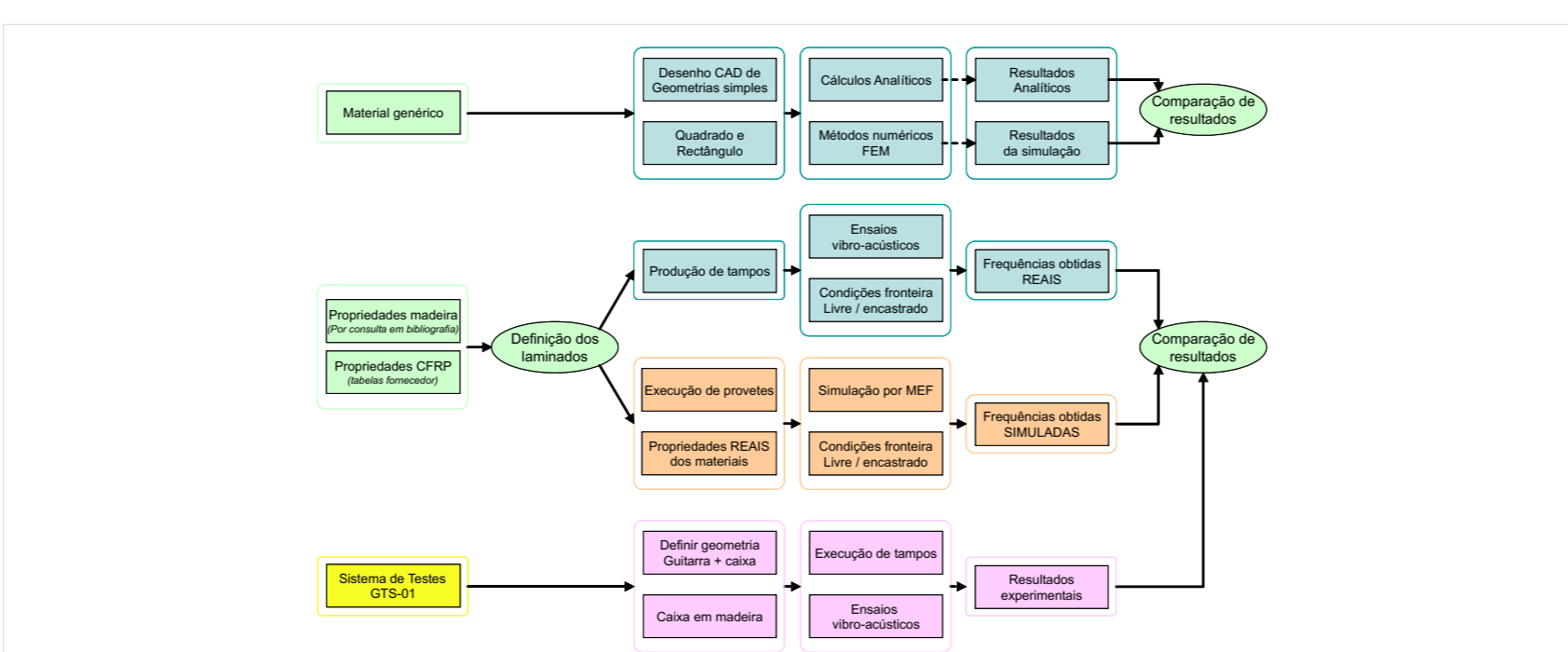


# Modelo de análise experimental do comportamento dinâmico dos materiais compósitos em instrumentos musicais

Autor: *Júlio Paulo Jesus da Silva Martins* Orientadores: *Prof. A. Torres Marques, Prof. Lucas Silva* Projecto de Fim de Curso LEM 2006/2007 Porto, Julho 2007

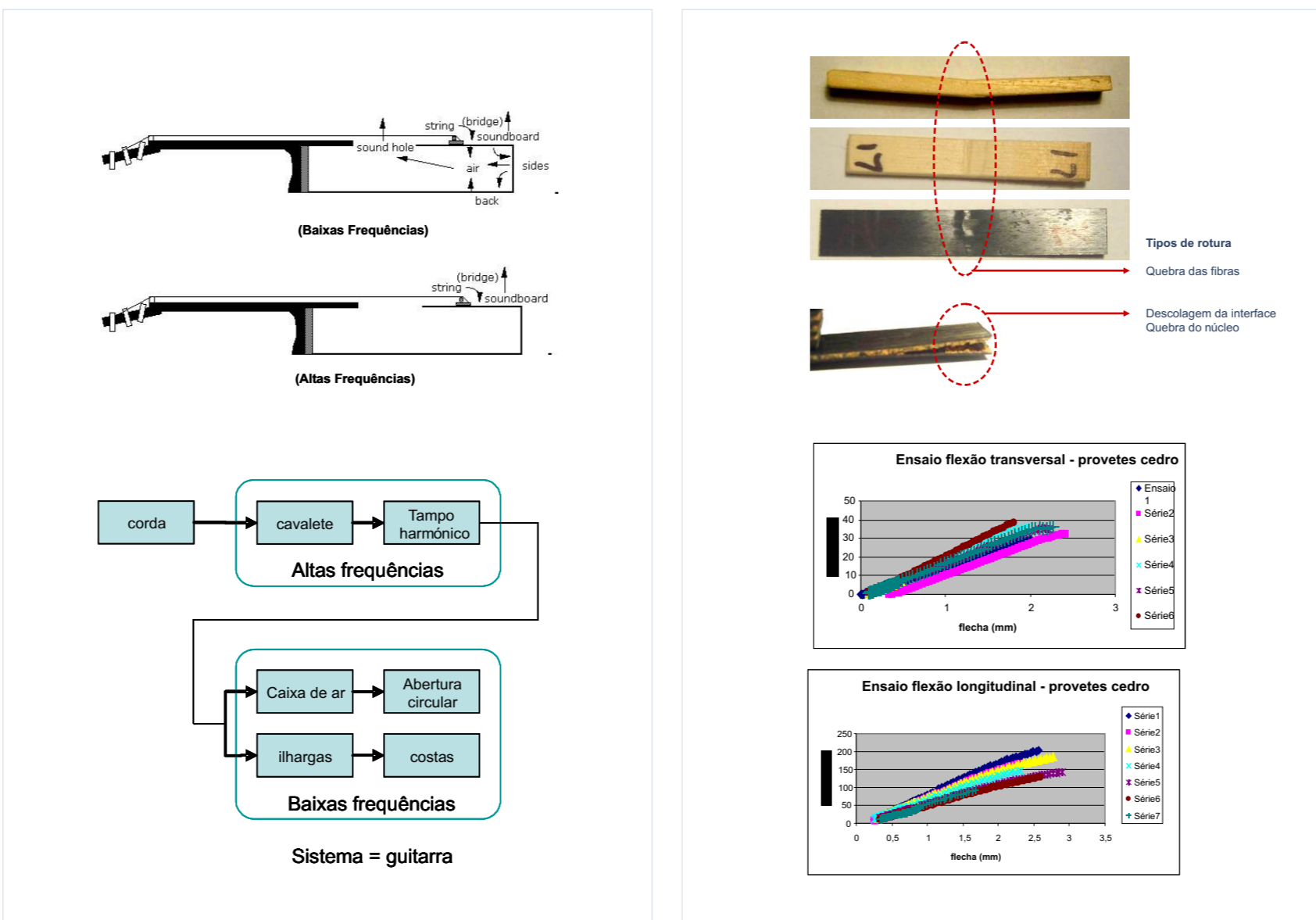
## [Objectivos]

- . Simplificar e uniformizar a análise de tampos harmónicos de guitarra
- . Permitir a investigação de novas soluções nesta área.
- . Avaliar as características de determinado tampo, submetendo-o a ensaios, sem a necessidade da sua aplicação numa guitarra, evitando-se desperdícios de recursos.
- . Analisar a influência de diversos factores que afectam o som produzido (desenho, posição e dimensão da abertura de ressonância, cavalete, distribuição das barras harmónicas, configuração do laminado, orientação das fibras, espessura ou distribuição da massa).



## [Mecânica da Guitarra]

As guitarras são construídas numa gama variada de tamanhos, desenhos e materiais. Como resultado, não é possível proceder a descrições concretas e definidas, passíveis de comparação, como as que se verificam noutros instrumentos como, por exemplo, o violino, bastante mais padronizado. O corpo é geralmente de madeira, ainda que existam já alguns modelos que recorrem a materiais compósitos. O tampo harmónico é bastante fino e possui barras montadas no seu interior que conferem maior rigidez. O braço é normalmente feito em madeira, e, em alguns casos, têm uma haste de reforço em aço, alumínio ou grafite.

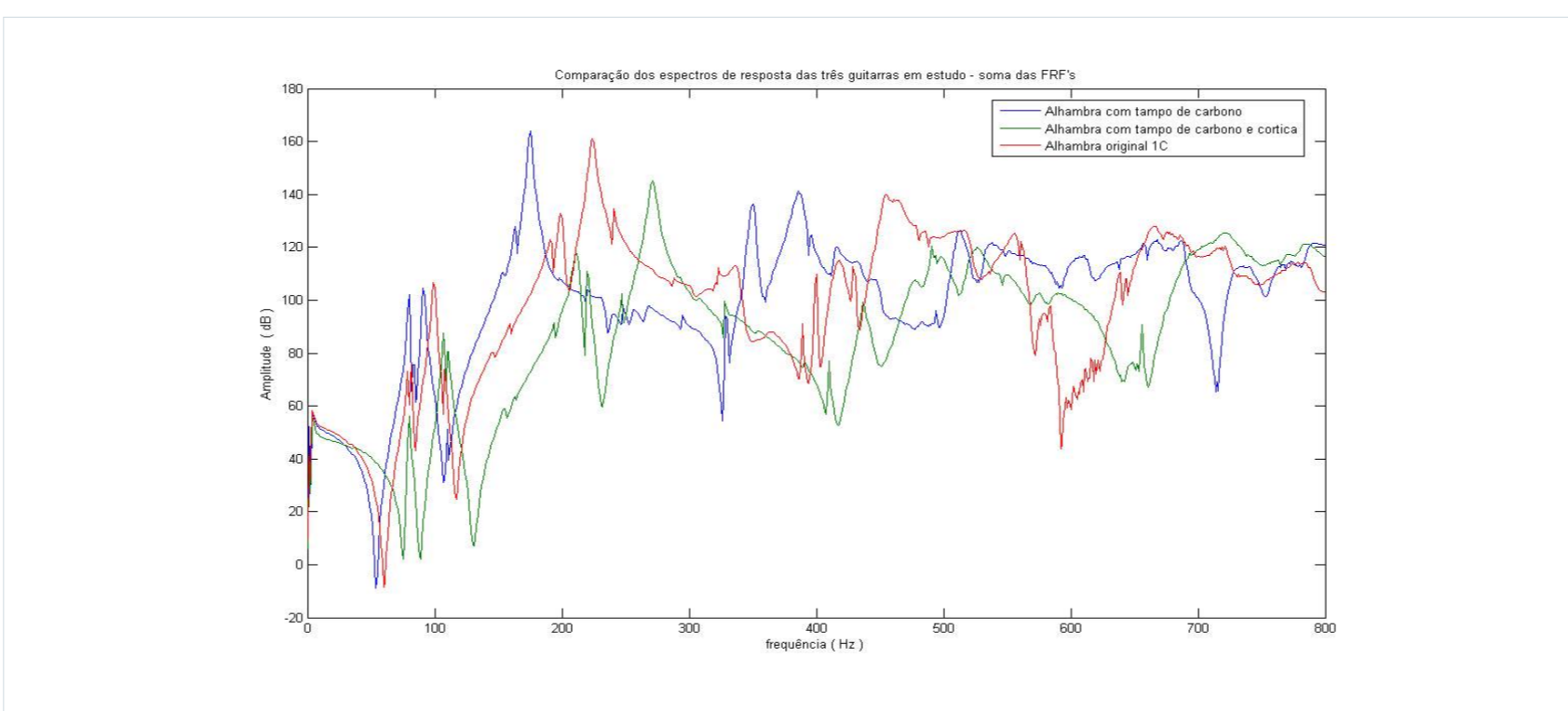


## [Caracterização de materiais]

Os provetes de madeira são provenientes de placas que seriam usadas para guitarras. A madeira, tal como grande parte dos produtos naturais, tem comportamentos mecânicos muito particulares. Uma mesma árvore possui zonas em cujas madeiras podem ter propriedades muito distintas. Assim, é difícil chegar a um valor preciso para as propriedades mecânicas do material. Por exemplo, basta um ano com condições climáticas diferentes, para alterar o crescimento da árvore e, conseqüentemente, as suas propriedades. Os provetes de CFRP e CFRP + Cortiça respeitam as mesmas orientações dos laminados utilizados nos tampos.

## [Estudo dos tampos harmónicos]

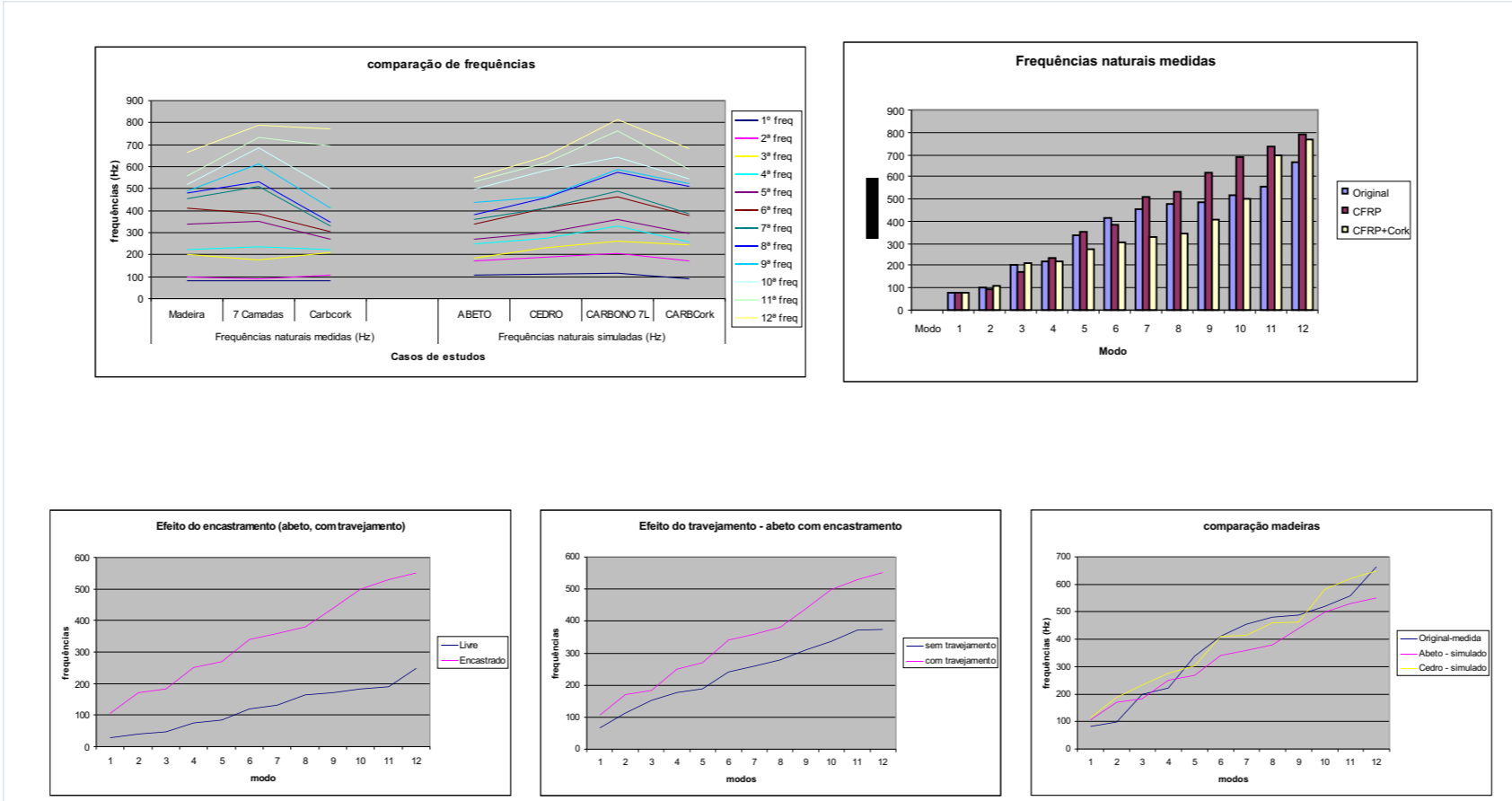
**- Ensaio vibratório**  
 - 3 guitarras Alhambra com tampos de três materiais diferentes: abeto, CFRP e CARBCork (CFRP com núcleo em cortiça)  
 As medições num ponto único, variando o local do impacto em 7 pontos diferentes conferem bom grau de reprodutibilidade para obter as ressonâncias dos modos de vibração. Nem sempre a excitação tem uma coerência que permita medições correctas e pode acontecer o ponto de impacto coincidir com um nó (vibração nula) de algum modo.



## [Conclusões]

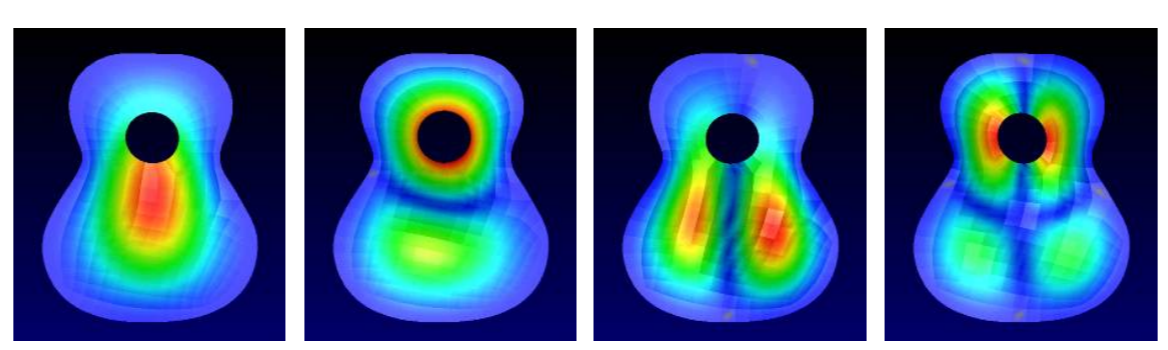
- A guitarra CARBCork tem um avanço e a guitarra CFRP um atraso relativamente à guitarra Alhambra original.
- As curvas do espectro de frequências naturais de vibração da guitarra de carbono e da de madeira são muito semelhantes em termos de amplitude e só diferem no atraso que o tampo de carbono tem relativamente à de madeira.
- A guitarra CARBCork apresenta amplitudes mais baixas, o que significa perda de potência sonora. Vê-se claramente que as frequências médias desta mesma guitarra estão muito próximas o que reduz a nitidez nas frequências médias (modos 5, 6, 7 e 8).
- As frequências superiores do tampo CFRP encontram-se num registo mais elevado. Este efeito será consequência da maior rigidez e massa deste tampo.
- O travejamento e o encastramento conferem maior rigidez ao sistema, o que implica aumento do valor das frequências naturais

**- Simulação por MEF**  
**- 4 configurações X 4 materiais = 16 simulações**  
 - Livre sem travejamento Abeto  
 - Encastrada sem travejamento Cedro  
 - Livre com travejamento CFRP  
 - Encastrada com travejamento CARBCork



## [Trabalhos futuros]

- Concluir GTS-01, mesa de ensaios para tampos de guitarra
- Estudo mais exaustivo, com mais variáveis a serem consideradas;
- Evoluir tampos harmónicos na densidade, resistência e travejamento;
- confrontar os valores encontrados para as frequências naturais de vibração com os seus modos próprios, por ESPI - Electronic Speckle Pattern Interferometry, no LOME-FEUP



## [Agradecimentos]

- Prof. Torres Marques, Prof. Lucas da Silva, Prof. Dias Rodrigues (Lab. de Vibrações FEUP), Engº Octávio Inácio (ESMAE), Engº Hugo Faria (INEGI), - Aos membros do IDEIA.M - Guitarras Alhambra, - GRAMAFAM Corticeira Amorim Indústria