

DESENVOLVIMENTO DE GUITARRAS ELÉCTRICAS  
EM POLÍMEROS REFORÇADOS A FIBRA DE CARBONO

Eduardo Rocha Gonçalves

Relatório de Estágio curricular 2009/2010

Mestrado em Design  
Núcleo de especialização de produto

**DESENVOLVIMENTO DE GUITARRAS ELÉCTRICAS  
EM POLÍMEROS REFORÇADOS A FIBRA DE CARBONO**

**Relatório de Estágio Curricular 2009/2010**

por

**Eduardo Rocha Gonçalves**

Mestrado em Design

Núcleo de especialização: Produto

Orientador: Prof. Doutor José Simões (ESAD)

Co-orientador: Eng. Júlio Martins (IDEIA.M)

Novembro de 2010

## **PALAVRAS CHAVE**

Instrumentos musicais; guitarra eléctrica; polímeros reforçados a fibra de carbono; desenvolvimento de produto;

## **RESUMO**

Este trabalho consiste num relatório de estágio, iniciado em Novembro de 2009, e que teve a duração de um ano para efeitos de conclusão do Mestrado em Design de Produto da Escola Superior de Artes e Design (ESAD) de Matosinhos. O estágio foi efectuado na empresa IDEIA.M, localizada no Porto, cuja actividade principal consiste no desenvolvimento de produtos em materiais compósitos. Um dos projectos internos da empresa consiste no lançamento de uma marca de guitarras eléctricas construídas em polímeros reforçados a fibra de carbono. Este trabalho, descrito sob a forma de relatório de estágio, tem como objectivo documentar o desenvolvimento de dois modelos de guitarra e de uma mala para transporte, explorando não só as suas diferentes fases de projecto, mas também a descrição das dificuldades do processo de design e o acompanhamento da sua produção desde a fase de prototipagem até ao produto final.

## KEY WORDS

Musical instruments; electric guitar; Carbon fiber reinforced polymers; product development;

## ABSTRACT

This essay consists of a final internship, conducted from November 2009 until November 2010, as a conclusive part of the masters degree in Product Design of the Escola Superior de Artes e Design (ESAD) in Matosinhos.

The internship took place at IDEIA.M, a company localised in Oporto and whose main activity focuses on the development of composite structure products. One of the company's main internal projects consists in launching a new brand of electric guitars made entirely of carbon fiber reinforced polymers.

This report aims to describe the design of two electric guitars and an instrument carrying case, describing not only the different stages of the development processes, but also addressing the difficulties of the design process and the production from first prototypes to finished product.

## GLOSSÁRIO

**Pickup** - é um dispositivo electrónico que capta vibrações mecânicas geradas por um instrumento musical (geralmente de cordas, como guitarras, baixos, violinos) e as converte em sinais eléctricos, que podem ser, posteriormente processados, amplificados, ou gravados.

**Singlecoil** - tipo de captador magnético para guitarra eléctrica de uma bobine.

**Humbucker** - tipo de captador magnético para guitarra constituído por duas bobines em paralelo.

**Knob** - peça circular rotativa usada para manipular os potenciómetros de volume e de tone.

**Tone** - conteúdo de frequências de um sinal áudio.

**Bridge** - mecanismo que suporta as cordas na base do instrumento.

**Neck** - braço do instrumento.

**Single-cutaway** - modelo de corpo de guitarra eléctrica que apresenta uma reentrância adjacente a um dos lados do *neck* de modo a permitir uma acção mais confortável na parte inferior da escala.

**Double-cutaway** - modelo de corpo de guitarra que apresenta reentrâncias dos dois lados do *neck* de modo a acompanhar o percurso da mão dos dois lados da escala.

**Switch 5-way/3-way** - comutador de pickups de 5 ou 3 posições, respectivamente.

**CFRPs** - polímeros reforçados a fibra de carbono, material designado de forma abreviada por “fibra de carbono”.

**CNC** - iniciais de *Computer Numeric Control* ou controlo numérico computadorizado. Trata-se de um controlador numérico de máquinas. A utilização de CNC permite a produção de peças complexas com grande precisão.

**Epóxico** - Uma resina epóxida ou poliepóxida é um plástico termofixo que se endurece quando se mistura com um agente catalisador ou “endurecedor”.

**Gelcoat** – camada de resina com aditivos e pigmentos aplicada na superfície de moldes ou modelos. O *gelcoat* ajuda a garantir a geometria da superfície e dá-lhe acabamento liso, com cor e brilho.

**Topcoat** – camada de superfície que confere rigidez e acabamento superficial.

**Véu** – tela fina de superfície que confere rigidez e resistência ao *gelcoat*.

**Twill weave** – tipo de padrão de tecelagem com orientação diagonal.

**Breather** – tecido à base de algodão usado para auxiliar o processo de cura por vácuo.

**PCB** - Placa de circuito impresso. Placa polimérica que possui numa ou em ambas as faces a superfície coberta por fina película de cobre nas quais são desenhadas pistas que representam os circuitos onde serão fixados os componentes.

Índice:

<b>CAPÍTULO I</b> .....	8
1.1 Introdução.....	9
<b>CAPÍTULO II</b> .....	16
2.1 Apresentação da empresa .....	17
2.2 Objectivos do estágio.....	19
2.3 Análise de mercado.....	20
2.3.1 Segmentos.....	21
2.3.2 Concorrência.....	22
2.4 Propriedades dos materiais.....	23
<b>CAPÍTULO III</b> .....	25
3.1 Concepção do modelo de guitarra #1.....	26
3.1.1 Conceitos e referências.....	26
3.1.2 Dimensionamento geral e levantamento de componentes.....	30
3.1.3 Desenho e modelo virtual .....	31
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	48
4.1 Concepção da mala para transporte da guitarra.....	49
4.1.1 Objectivos e restrições.....	49
4.1.2 Referências e modelo virtual .....	51
<b>CAPÍTULO V</b> .....	55
5.1 Concepção do modelo de guitarra #2.....	56
5.1.1 Conceitos, esboços e restrições dimensionais.....	56
5.1.2 Desenho e modelo Virtual .....	61
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	69
6.1 Acompanhamento da produção do modelo #1.....	70
6.1.1 Laminação e corte do corpo da guitarra.....	70
6.1.2 Produção da peça para a electrónica.....	80
6.1.3 Acabamentos de superfície.....	83
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	87
7.1 Considerações finais.....	89
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	90
6.1 Bibliografia.....	91
6.2 Lista de tabelas e figuras.....	93
6.3 Anexos.....	95



## 1.1 INTRODUÇÃO

A guitarra é um instrumento musical da família dos cordofones que é tocado através de acção directa nas cordas pelos dedos, unhas ou através de uma palheta. A guitarra consiste de um corpo e um braço, tradicionalmente de madeira, aos quais são aplicadas cordas, geralmente de nylon ou aço, existindo modelos com quatro, seis, sete ou doze cordas. Existem duas famílias principais de guitarras: as acústicas e as eléctricas. Nas guitarras acústicas, o som é gerado pelo próprio corpo. Sendo este oco, a vibração das cordas cria nele uma ressonância que amplifica o som. As guitarras eléctricas no entanto, recorrem a um amplificador externo que recebe sinal proveniente dos captadores magnéticos (*pickups*) que traduzem a vibração das cordas. Embora existam modelos com o corpo oco, o corpo da guitarra eléctrica tradicionalmente é sólido.

Por questões de tradição e de características materiais, as guitarras eléctricas são geralmente construídas em madeira. Este material, embora apresente excelentes qualidades acústicas, tácteis e estéticas, tem também algumas contrapartidas principalmente no contexto das guitarras eléctricas: está sujeito a variações dimensionais dependentes da temperatura, tensão e humidade, contribui negativamente para o peso e a qualidade e a fiabilidade do instrumento final variam devido aos diferentes processos a que a madeira é sujeita durante o seu fabrico. Estas questões, incontornáveis no desenvolvimento de instrumentos em madeira, representam o ponto de partida para o nosso trabalho.

Identificando que estas lacunas poderiam ser preenchidas recorrendo a um material alternativo, a empresa Ideia.m propôs-se a criar e desenvolver um modelo de guitarra eléctrica produzido em polímeros reforçados com fibra de carbono, ou CFRPs (Carbon Fibre Reinforced Polymers). Muito embora este material seja um candidato ideal para substituir o desenvolvimento de guitarras eléctricas em madeira, o seu uso no contexto dos instrumentos musicais é muito recente e como tal existe ainda uma certa resistência por parte dos consumidores em adoptá-lo. Esta resistência é maior ainda na gama de preço em que se pretende inserir o instrumento a desenvolver – instrumentos de gama alta, dirigidos principalmente a músicos profissionais e colecionadores. Esse público opta normalmente pelos modelos disponibilizados pelas marcas mais tradicionais, cujo desenho se mantém pouco alterado desde a sua introdução nas décadas de 50 e 60.

Foi objectivo desenvolver um instrumento que tire partido das mais-valias proporcionadas pelos materiais compósitos, mas que também consiga apelar a um público conservador. Para procurar responder a estes dois requisitos, é necessário compreender como poderá o design estabelecer uma ponte entre eles. Assim sendo, devemos compreender em primeiro lugar qual é efectivamente o papel do designer nesta questão e de que modo deve gerir as ferramentas que tem ao seu dispor. É também importante entender, pelo menos a um nível superficial, quais os mecanismos de ligação entre o objecto e o consumidor e de que forma têm que ser trabalhados.

Mais especificamente, é necessário identificar quais os factores formais, superficiais, funcionais, emocionais, simbólicos e semióticos, através dos quais o objecto comunica com o consumidor e de que forma estabelece essa comunicação. Finalmente, devemos identificar em que fases do processo se deve intervir de modo a dotar o modelo das características desejadas, justificando essas intervenções teoricamente. Deste modo, ser-nos-á possível definir e sistematizar os factores que tornam o design do modelo a projectar desejável ao público alvo em questão.

Não é descabido repetir aqui que o *designer* não deve ser considerado apenas como um «desenhador», no sentido que esta palavra pode ter comumente, ou seja, como um indivíduo dotado de especial talento e perícia para o desenho. Precisamente na intenção de demarcar a noção *design* (contraposto ao inglês *drawing*; que é o esboço artístico, que nada tem a ver com o objecto), deveremos considerar o *designer* como um projectista do objecto que há-de ser produzido industrialmente e também como um planeador desse processo produtivo. Com efeito, antes de se dedicar a projectar e desenhar determinado objecto, deverá ter precisado a sua tarefa de criador do mesmo no âmbito da operação produtiva no seu todo.

Um dos seus primeiros objectivos será, por conseguinte, reagrupar sinteticamente os dados resultantes das informações que lhe são fornecidas pelos diferentes especialistas, técnicos, estatísticos, e peritos do mercado e das técnicas operativas, de tal modo que possa extrair as conclusões que lhe permitem individualizar o tipo de produto que deve projectar. (Dorfles, 1991, pág 109)

O papel do designer, aqui explicitado por Gillo Dorfles, não se limita ao simples desenho de uma forma. Como tal, para além da pesquisa relevante a esse aspecto do projecto, o designer deverá gerir a informação pesquisada e sistematizada por especialistas provenientes dos outros campos que envolvem o projecto. Embora, como Dorfles nos demonstra, a tarefa do designer englobe uma multiplicidade de factores que influenciam o resultado final, esse resultado estará profundamente ligado ao desenho, forma e aspecto do objecto que se pretende projectar. Assim, torna-se importante definir de que forma o resultado final reflecte todos esses factores.

Efectivamente, ao *designer* industrial cabe uma tarefa bastante mais complexa e importante do que «estilizar» uma determinada forma, ou seja, revestir de superfícies apropriadas e novas um mecanismo cujas características vitais ele ignora. Na realidade, o *designer*, por estar a par das sondagens relativas às exigências do público, está apto para conceber determinados objectos que respondem a determinados requisitos técnico-formais não imaginados previamente, nem pressupostos pelos próprios técnicos do ramo em questão. Ou seja, é ao *designer* que cabe impor ou sugerir as dimensões óptimas de um aparelho, cuja construção deverá ater-se ao valor formal considerado por aquele como o mais adequado às exigências do público.

Assim, é frequente ver-se adoptar determinados artificios que não tinham sido estabelecidos pela produção mas que foram propostos e sugeridos aquando da fase de projecto.

A este propósito, cabe recordar uma observação de Arthur Becvar :«o Design, na sua fase inicial de projecto, consiste em pensar o problema, não em considerar a sua solução ( ... ) em procurar definir se o problema foi colocado com clareza e se torna compreensível para o público a que se dirige». Por outras palavras, compete precisamente ao *designer* conceber o objecto de tal modo que este seja imediatamente «compreensível» e «legível» para o consumidor; isto é, de modo que as suas qualidades funcionais sejam explicitamente semantizadas. Com efeito, seria fatal se a forma do objecto - especialmente se se trata de um objecto «com mecanismo» - resultasse incompreensível para o utente ou se fosse necessário mascarar-lo com vestes inadequadas, de tal modo que pudesse ser substituído por outro produto afim mas não idêntico. Isto demonstra, afinal de contas, que o designer não deverá submeter-se à vontade do produtor, nem tão-pouco do consumidor. Efectivamente, o projectista tem muitas vezes de fixar a forma que, satisfazendo os requisitos básicos impostos pela função, pelos custos e pela análise de mercado, que possa além

disso constituir de facto um elemento de «novidade» e como tal educar o público para a aceitação de um novo género de linhas e formas a que não estava habituado. (Dorfles, 1991, págs. 111 a 112)

Especificamente, no contexto do projecto em causa – uma guitarra eléctrica dirigida a um público específico, existem certas especificidades que devem ser tomadas em conta.

O autor em causa apresenta-nos duas visões importantes:

Um objecto industrial será, pois, considerado igual a qualquer outra «mensagem» capaz de nos proporcionar um determinado coeficiente informativo. Como a teoria da informação se baseia essencialmente no cálculo da «quantidade de informação» apresentada por uma dada mensagem, fácil será concluirmos que a própria informação será tanto maior quanto maior for a imprevisibilidade do conteúdo dessa mensagem. (...)

Uma vez que a informação proporcionada por uma dada mensagem, por uma determinada comunicação, depende da sua «originalidade», facilmente se compreende que o grau de informação dessa mensagem pode equivaler ao grau de surpresa que causa, à sua imprevisibilidade ou improbabilidade, o que leva a identificar a informação com o oposto à entropia. Se agora aplicarmos estes princípios ao caso do *design* industrial, será fácil deduzirmos que o inesperado da mensagem (oferecida pelo objecto industrial de novo tipo), a sua «novidade», é fundamental para se obter um elevado grau de informação, ou seja, para apresentar aos olhos do consumidor uma solicitação muito forte à aquisição. Quanto mais novo, mais insólito, mais inédito for o objecto lançado no mercado, tanto mais fácil e intensa será a sua procura; mais ainda, logo que a forma tenha perdido a sua «novidade» - e por isso o inesperado da mensagem -, quando se tiver «consumido» a sua qualidade comunicativa, também diminuirá o seu valor não só estético como, sobretudo, informativo. (Dorfles, 1991, págs. 37 a 40)

Com efeito, a ânsia de diferenciação característica de todo o indivíduo humano, desde o estádio do selvagem coberto de penas até ao do burguês bem perfumado ou ao do proletário mecanizado, nunca desaparecerá por completo. Dificilmente poderá ser extirpado da humanidade, mesmo que socialmente evoluída, o facto de recorrer a objectos «diferentes» que nem todos possuem ou que de algum modo apresentam tais particularidades que o seu proprietário adquire essa invejável superioridade que só o insólito, o novo e o inédito podem outorgar. (Dorfles, 1991, págs. 56 a 57)

Se por um lado o desenho deve ter características que o tornem "novo" e "inesperado", de modo a causar surpresa e curiosidade em quem o absorve, ele nunca deve pôr em causa as questões previamente explicitadas relativamente à correcta semantização do próprio objecto.

(...) ao discorrer sobre o simbolismo do objecto industrial, tenho em vista referir-me a essa propriedade pela qual o objecto é levado, e mesmo destinado, desde a fase de projecto, a «significar a sua função» de um modo perfeitamente evidente através da semantização de um elemento plástico capaz de pôr em relevo o género de figuratividade que de quando em quando serve para nos indicar a função específica do objecto. Quase todos os objectos industriais - desde o telefone até à *curtain-wall*, da esferográfica ao *jacto* - contêm algumas qualidades formais que simbolizam a sua função ou, se preferirmos, certos elementos «semânticos» aptos a torná-los mais facilmente identificáveis. Quase sempre acontece a função ser acentuada e exaltada de tal modo que produz em quem dela desfruta a imediata sensação do fim para que o objecto foi criado. (Dorfles, 1991, pág 45)

Há então um campo de acção relativamente restrito sobre o qual se pode actuar em termos formais de modo a criar um desenho novo que não cause estranheza, mas que no entanto se assemelhe o suficiente aos modelos clássicos sem ainda assim cair numa situação de plágio. Embora no Universo das guitarras estejamos numa situação algo nebulosa em termos de registos de desenhos (a patente aplica-se unicamente ao desenho da cabeça do instrumento, não ao corpo), não é desejável que o resultado final se

aproxime demais dos modelos já existentes. De destacar a posição de Dorfles relativamente a estas questões:

Se o problema da afirmação da progressiva universalidade do produto é, em definitivo, facilmente resolúvel, mais complicado será o problema colocado pela sua originalidade. Dissemos por várias vezes que no objecto industrial o elemento de «novidade», de «inesperabilidade» e, por isso mesmo, de originalidade, é fundamental, precisamente devido ao rápido consumo para que esse objecto está voltado e pelo que contém de efémero. Por outro lado, também vimos os perigos que a busca do novo a todo o custo encerra, fenómeno esse que se reveste dos aspectos de uma excessiva estilização, frequentemente desnecessária. Por fim, devemos declarar-nos adversos a uma excessiva originalidade, sendo talvez de admitir que se torne mais conveniente e aconselhável manter uma certa proporção de «plágio» de algumas formas mais conseguidas e funcionais. Esta afirmação não deverá causar estranheza: toda a arte, mesmo a do passado mais remoto, surgiu mais da imitação de outras artes do que da inspiração directa a partir do mundo exterior (e isto até no caso de obras figurativas que aparentemente eram representações naturalistas). Por isso, é lógico que também na actualidade aconteça algo de semelhante no sector do design industrial, tanto mais se se tiver em conta a enorme quantidade de objectos que constantemente são lançados pela indústria. Uma excessiva proliferação de formas novas e «desnecessárias» não poderia resultar senão no esgotamento das capacidades da imaginação ou na diminuição dessa proporção de funcionalidade que provavelmente deverá estar na base do próprio produto. (Dorfles, 1991, págs. 75 a 76)

A estes factores, há que juntar também as restrições impostas pelos materiais e pelas técnicas produtivas pois "frequentemente, o processo de fabricação leva a modificar substancialmente a forma e determina não só importantes transformações funcionais, como também modificações formais decisivas. (Dorfles, 1991)". Pretendendo-se com este projecto desenvolver em compósitos de carbono um objecto que é tradicionalmente fabricado em madeira, o seu aspecto final deve reflectir as possibilidades deste processo ao invés de simular os resultados obtidos com o fabrico em madeira. "Na realidade, vigora sempre o princípio de não «atraíçoar» o próprio *medium* expressivo e, por isso mesmo, de não adoptar, quando se segue um método de manufactura diferente, expressões formais exigidas por outro método anterior e talvez até oposto. (Dorfles, 1991)".

Se até aqui nos debatemos sobretudo com questões inerentes à representação física do objecto a projectar, é necessário explicitar que mesmo cumprindo todos os requisitos definidos e tendo em atenção todas as restrições que se impõe, o desenho final do objecto envolve outras questões para além das do domínio material. Essas questões estão relacionadas com a comunicação que se estabelece entre o objecto e o utilizador. Segundo Burdek:

A disciplina do design não gera apenas realidades materiais; cumpre também funções comunicativas (Burdek 1997). No entanto, durante muito tempo este aspecto recebeu pouca atenção: os designers sempre se interessaram mais pelas questões práticas dos produtos (as suas performances técnicas e funcionais) e pelas questões sociais (questões de operabilidade e de responder às necessidades dos utilizadores).

(..) A cadeira é um objecto que ilustra claramente como os designers têm que fazer bastante mais do que meramente satisfazer necessidades ergonómicas, construtivas, produtivas, ecológicas e ambientais. Para além da questão do tipo de posição de assento está em causa – por exemplo, sentar no local de trabalho, em casa, em locais públicos, na escola, em veículos, durante espaços de tempo curtos ou longos, ao lado de crianças ou de idosos – o design tem sempre que lidar com as conotações (isto é, significados emotivos e expressivos adicionais) que a palavra “sentar” acarreta.

Usando o exemplo da cadeira como trono, Umberto Eco (1972) explicou que neste caso sentar é apenas uma função entre muitas outras e, aliás, uma que é bastante mal executada. O que é mais importante é que o trono projecte um dignidade majéstica, poder e que inspire admiração. Estes padrões de interpretação também podem ser transmitidos a outras cadeiras. Uma cadeira de

escritório, por exemplo, deve responder a requisitos ergonómicos elevadíssimos, mas também demonstrar a posição do utilizador na hierarquia do local de trabalho.

Estas observações podem ser feitas para todos os produtos. Automóveis, por exemplo, não são apenas meios de transporte, mas também objectos de culto altamente simbólicos. A sua análise do vestuário ocasionou Roland Barthes (1967) a proferir que a moda também tem dois significados: utilização prática e afirmação retórica ("para *cocktails*, o vestidinho preto"). As coisas da natureza comunicam connosco: aquelas que são criadas artificialmente também deverão ser dotadas de uma voz: devem dizer de onde se originam, que tecnologias foram utilizadas e de que contexto cultural apareceram. Também nos deverão dizer algo acerca dos seus utilizadores e dos seus modos de vida, acerca de inclusões reais ou supostas em grupos sociais, acerca dos seus valores.

Primeiro, o designer tem que compreender estas linguagens; depois, deve ser capaz de ensinar os objectos a falar. Quando percebermos isto, seremos capazes de reconhecer as respectivas formas de vidas nas formas dos objectos (Bauer-Wabnegg 1997). (Burdek, 2005, págs. 230 a 231, tradução livre)

No caso específico da guitarra, pretendem-se transmitir diferentes mensagens que trabalham em diferentes níveis. Essas mensagens resultam de um trabalho conjunto entre o desenho final, os materiais, a pintura, os pormenores de acabamentos, o *hardware*, as ferragens, os *pickups* e toda a comunicação ao nível de *branding* (marca), design gráfico e *marketing*. Falando unicamente dos factores inerentes à fase do projecto de design industrial, podemos identificar várias dessas mensagens e o modo como funcionam. Por um lado pretende-se comunicar um objecto de elevada precisão técnica e performance. Estas características são enfatizadas pelo material e pelo seu processo de fabrico uma vez que estes aludem a um universo mais científico em que é feita uma associação a objectos como carros de Fórmula 1 e jactos supersónicos. Este imaginário é quase uma antítese daquilo que um objecto em madeira transmite, o que também tem os seus pontos negativos. A madeira, pelas suas características, transmite uma sensação "calorosa" e uma maior "humanização" do objecto uma vez que é um material natural que é normalmente transformado manualmente por um artesão, que no caso dos instrumentos se designa como um "luthier". Estas são características desejáveis num instrumento musical mas que dificilmente conseguirão ser transmitidas através do material a usar neste projecto. O que se procurará então fazer, é transpor essas qualidades para um outro elemento que as consiga transmitir. Neste caso particular, as especificidades de desenho referidas anteriormente permitem-nos que algum do carácter "afectivo" da madeira possa ser comunicada pela forma. Ao basearmos a forma num desenho que se mantém pouco alterado desde os anos 50, e ao executá-lo com pormenores e acabamentos típicos dos instrumentos dessa época, conseguimos colocar o nosso objecto numa categoria denominada por Dorfler como "objecto fora de série":

Com efeito, o objecto «fora de série» não embate contra o típico «estilo» do momento, mas secunda-o e acentua-o. A carroçaria de Pininfarina, de Bertone, de Ghia não passa de um género que leva até às suas últimas consequências a «linha» considerada «na moda» e a torna mais maleável e eficaz mediante o emprego de materiais e acabamentos de melhor qualidade. Neste sentido, cabe também afirmar que o «fora de série» constitui o último capítulo de uma determinada moda (quando não constitui o seu primeiro passo, o que acontece mais raramente).

Um género de «fora de série» muito específico, que em parte está fora do âmbito deste estudo e se integra no da análise dos costumes, é a disposição, que frequentemente se manifesta em determinados ambientes e indivíduos, para adoptar modelos (de automóveis, de objectos de uso corrente, de peças de vestuário) notoriamente antiquados, pertencentes a épocas anteriores e já

«passados de moda» (não só por razões técnicas, mas também estéticas) e que, em contrapartida, podem ser escolhidos unicamente por motivos «afectivos», por snobismo ou por diferenciação social. (Dorfles, 1991, págs. 65 a 66)

Procura-se então que esta “afectividade” seja transmitida através de características que dêem à guitarra um aspecto “vintage”. Esta é hoje uma prática comum até para os fabricantes de maior sucesso. Há determinados modelos que são vendidos de origem com riscos na pintura e componentes submetidos a processos de envelhecimento para simularem o aspecto de um instrumento com vários anos de uso. É por outro lado através desse jogo de pormenores e do trabalho conjunto entre os diferentes elementos que compõe o modelo final que se consegue mais eficazmente justificar a identificação desta guitarra como um “objecto de luxo”. Este é um factor importante dado a gama de preços em que se pretende colocar o instrumento. Desta forma, conseguimos introduzi-lo não só como um instrumento musical mas também como um objecto de design desejável. Torna-se relevante para isto introduzir o conceito de “Fetichismo dos objectos” proposto por Rafael Cardoso Denis:

(...) A natureza essencial do trabalho de Design não reside nem nos seus processos nem nos seus produtos, mas em uma conjugação muito particular de ambos: mais precisamente, na maneira em que os processos do design incidem sobre os seus produtos, investindo-os de significados alheios à sua Natureza intrínseca. Esta acção de investimento, pretendo enquadrar aqui dentro de uma categoria um tanto esdrúxula que denominarei, contrariando o senso comum da palavra, de fetichismo dos objectos. (Denis, 1998, pág. 17)

(...) fetichismo é o acto de investir os objectos de significados que não lhe são inerentes. É a acção respectivamente espiritual, ideológica e psíquica de acrescentar valor simbólico à mera existência concreta de artefactos materiais: ou seja, de dar outra vida, estranha, às coisas. Trata-se, de certo modo, de humanizar ou, às vezes divinizar aquilo que não é humano (ou, pelo menos, não completamente) e, portanto, de inclui-lo na nossa humanidade e, ao mesmo tempo, de conectarmo-nos à sua natureza essencial e ao que supomos que seja a sua essência mística. (Denis, 1998, pág. 28)

O design é, em última análise, um processo de investir os objectos de significados, significados estes que podem variar infinitamente de forma e de função, e é nesse sentido que ele se insere em uma ampla tradição “fetichista” (Denis, 1998)

Pretende-se então que o nosso projecto adquira estes valores que Denis identifica. Esse processo, que passa por transpor para o objecto emoções e características que vão para além do material denomina-se por catexia. Nas palavras de Denis: "Há um processo paralelo entre a meta-definição que estou usando aqui para fetichismo e o uso da palavra “catexia”. Catexia é o processo de concentrar ou investir energia psíquica em uma pessoa, coisa ou ideia." (Denis, 1998). Fala-se então de uma integração do objecto no próprio ego do sujeito, como uma espécie de ligação simbiótica, ou até parasítica. "A função última da catexia, como da colonização, é sempre de apossar-se do objecto para integrá-lo ao ego do sujeito. Projecta-se, concentra-se, investe-se, mas sempre com a expectativa de um retorno igual ou maior." (Denis, 1998).

É através deste processo que tentaremos então projectar no objecto uma sensação de desejo que permita que este se assuma para além de um mero instrumento musical.

O consumo de qualquer mercadoria sempre se inicia com um investimento de desejo da parte do consumidor e termina, idealmente, pela apropriação do objecto pelo mesmo. Semeia-se desejo para colher-se uma parcela de satisfação, na forma de valor (real e/ou simbólico) da mercadoria. (Denis, 1998, pág. 34)

Se pensarmos no artefacto não como uma entidade abstracta mas a partir de exemplos concretos, torna-se evidente que nenhum objecto tem um sentido monolítico ou fixo. Os artefactos existem no espaço e no tempo e vão, portanto, perdendo sentidos antigos e adquirindo novos à medida que mudam de contexto. (Denis, 1998, pág. 31)

Denis explica então que estas características são atribuídas aos objectos em duas fases: na fase de produção/distribuição e na fase de consumo/uso, sendo que "(...) grosso modo, pode-se dizer que os significados atribuídos no momento de produção/distribuição tendem a ser mais duradouros e universais do que aqueles advindos das instâncias múltiplas da apropriação pelo consumo/uso. (Denis, 1998)".

De onde advêm esses significados? São imputados pelos fabricantes, pelos distribuidores, pelos vendedores, pelos consumidores, pelos usuários ou, normalmente, pela conjunção de todos estes e outros mais, pois os objectos só podem adquirir significados a partir da intencionalidade humana. (Denis, 1998, pág. 33)

De que maneira imputam-se-lhes esses significados? Existem apenas dois mecanismos básicos para investir os mecanismos de significados: a atribuição e a apropriação, os quais correspondem, em linhas gerais, aos processos paralelos de produção/distribuição e consumo/uso. (Denis, 1998, pág. 33)

Destes processos, o de produção é aquele que se revela mais relevante para esta fase de projecto sendo os processos de distribuição, consumo e uso atribuídos depois pelo *marketing*, pela publicidade e pelo próprio crescimento e evolução do objecto juntamente com o utilizador.

Podemos então concluir que há uma multiplicidade de factores, para além do desenho propriamente dito, que têm influência directamente no modo como os objectos comunicam com os utilizadores e que devem ser correctamente identificados e explorados de modo a que todo o processo de design responda aos requisitos pretendidos.

## CAPÍTULO II

---

## 2.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A IDEIA.M apresenta-se como uma empresa de desenvolvimento de produto na área dos materiais compósitos avançados. Na sequência da experiência e de conhecimentos adquiridos ao longo de quatro anos na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e do trabalho desenvolvido nos dois últimos anos na própria empresa, a mesma prepara-se para lançar uma marca própria de instrumentos musicais desenvolvidos em novos materiais, ao mesmo tempo que aposta em potenciar e desenvolver as suas capacidades noutros âmbitos do desenvolvimento de produto.

A empresa divide-se em dois ramos principais.

Por um lado, está em curso a criação de uma marca própria de instrumentos musicais recorrendo às mais recentes tecnologias e materiais, que abraça todas as competências da empresa (definição conceptual, modelação, projecto, previsão do comportamento, produção, comercialização e serviço ao cliente final).

Por outro lado, mantém-se o desenvolvimento de produto em materiais compósitos, onde, recorrendo às competências que possui em cada área da sua actividade, colabora na criação de novos produtos para diversas aplicações (mobiliário, dispositivos laboratoriais, competição automóvel, aeronáutica).

Esta pluralidade converte-se numa capacidade interna de tirar partido de diferentes perspectivas empresariais e tecnológicas, optimizando recursos, desenvolvendo novas competências, cruzando e exportando conhecimentos entre diferentes domínios e admitindo profissionais e parceiros com visões diversas e enriquecedoras.

A estratégia que se pretende implementar aposta na criação de produtos e na capacidade de os produzir em Portugal como foco de criação de benefícios, competências e riqueza.

Os promotores:

Júlio Martins nasceu em 1976, em Santa Maria de Lamas, Portugal. É Licenciado em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Coordenou, desde o seu início em 2004 e até 2007, o projecto académico IDEIA.M e que deu origem à empresa, com o mesmo nome. Anteriormente, assumiu, entre outros cargos, a presidência da direcção do Orfeão Universitário do Porto, onde acumulou experiência de liderança e gestão de equipas e organização institucional. Os seus interesses passam pelas

áreas da música, design e materiais. Participou no curso avançado de Mecânica de Instrumentos Musicais, no CISM - Itália, em 2006. É sócio-fundador do gabinete de design de produto IDEIA.M desde 2008, na cidade do Porto. É músico amador.

João Petiz nasceu em 1984, em Oliveira de Azeméis, Portugal. Possui o Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foi membro do projecto académico IDEIA.M, desde 2004 e assumiu a sua coordenação em 2007. Participou no programa ERASMUS, através do qual esteve um ano na Technische Universität Darmstadt e colabora com a JuniFEUP - Empresa Júnior da FEUP. Os seus principais interesses são a modelação CAD e o comportamento dinâmico. É sócio-fundador do gabinete de design de produto IDEIA.M desde 2008, na cidade do Porto.

## 2.2 OBJECTIVOS DO ESTÁGIO

O estágio no âmbito do curso de mestrado em design, especialização em produto é uma fase extremamente importante do processo de aprendizagem de um designer. É no contacto directo com a indústria, com o mercado e com os clientes que o designer aplica os diversos conhecimentos obtidos ao longo dos seus anos de formação. Sendo o estágio o primeiro contacto com esses universos, é nesta fase que o designer desenvolve as competências necessárias para gerir as especificidades que lhes são inerentes. Neste sentido, a colaboração no estágio com uma empresa do ramo de engenharia revelou-se extremamente valiosa. Assim, de um ponto de vista pessoal, os objectivos deste estágio foram: o aprofundamento de conhecimentos ao nível de materiais e técnicas de produção (mais especificamente de compósitos reforçados com fibra de carbono); desenvolvimento de sinergias entre o design e a engenharia a nível projectual; consciencialização do estado do mercado e da indústria do design industrial e uma melhor compreensão da relação designer/cliente.

Em termos de objectivos projectuais, este estágio previa a concepção, desenho e desenvolvimento de um modelo original de guitarra eléctrica para ser produzida em compósitos de carbono. Deste modelo, era expectável:

- Um desenho original e apelativo.
- Uma solução formal que possa explorar as possibilidades e potencialidades dos materiais usados.
- O desenvolvimento e aplicação de inovações técnicas que enriquecessem o produto.
- Um modelo de guitarra que apelasse aos consumidores de instrumentos de madeira.
- Um modelo com características estéticas e formais que justifique a sua presença no segmento dos instrumentos de luxo.

A duração do estágio e as questões relativas à produção do primeiro modelo permitiram que ao objectivo inicial tenha sido adicionado o desenvolvimento de uma mala para transporte de guitarras e de um segundo modelo de guitarra eléctrica. Assim, o objectivo inicial de desenhar um modelo evolui para a necessidade de criar uma linguagem estética a que tanto os dois modelos de guitarra como a mala para transporte obedecessem

## 2.3 ANÁLISE DE MERCADO

Para melhor entender o universo para o qual estávamos a projectar, foi importante ter uma noção global do panorama económico em que se insere os instrumentos musicais.

Os Estados Unidos da América, o Japão, o Reino Unido e a Alemanha são os países onde a venda de instrumentos musicais tem maior dimensão. A distribuição deste mercado por países, em 2005, está representada no gráfico 1 (2006, Music USA, NAMM Global report).

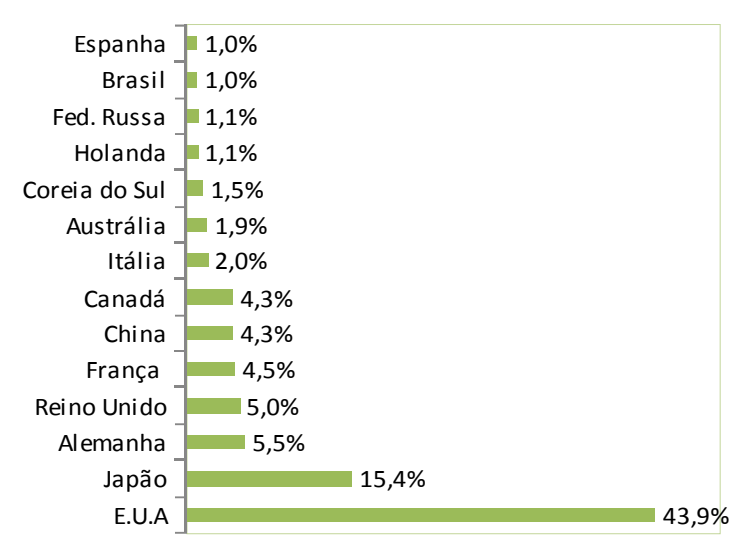


Gráfico 1 - Distribuição por países das vendas de instrumentos musicais em 2005

A Yamaha é a construtora mundial de instrumentos musicais com maior volume de vendas. Esta produz quase todo o tipo de instrumentos e acessórios musicais e equipamentos de som, e em 2007 atingiu um volume de vendas de cerca de 2 biliões de Euros (2008, YAMAHA Corporation, *Analyst and Investor Briefing on the first Half of the Fiscal Year Ending March 31*).

A indústria Americana de produção de instrumentos musicais inclui cerca de 550 empresas com uma receita anual combinada de 2 biliões de Dólares Americanos. A indústria é altamente concentrada, sendo que as 50 maiores empresas detêm cerca de 80% do mercado (2007, *Musical Instrument Manufacture, First Research, Inc, November 26*).

Os instrumentos musicais de baixo preço são normalmente produzidos em linhas de montagem, enquanto os de preço alto são construídos por *Luthiers*. A produção envolve a fabricação de componentes e a montagem final. Os componentes, especialmente os electrónicos, são frequentemente comprados a outros fabricantes.

### 2.3.1 SEGMENTOS

A segmentação destes instrumentos musicais é feita por preço. A tabela seguinte demonstra a distribuição das vendas realizadas nos Estados Unidos da América, em 2005, por segmento.

Gama	Percentagem	Quantidade
Até 400 euros	89,00%	1 450 700
De 400 a 1400 euros	9,50%	154 850
A partir de 1400 euros	1,50%	24 450

**Tabela 1** Distribuição de guitarras eléctricas vendidas nos EUA, por gama de preços, no ano de 2005

O tipo de clientes que compra guitarras/baixos eléctricos de cada gama pode ser caracterizado da seguinte forma:

- Até 400 euros: músicos amadores, primeira compra, faixa etária mais baixa.
- 400 - 1400 euros: músicos amadores, músicos profissionais.
- 1400 euros para cima: músicos profissionais, colecionadores, músicos amadores com poder de compra, faixa etária mais alta.

### 2.3.2 CONCORRÊNCIA

No campo das guitarras e baixos eléctricos existe um vasto leque de oferta de instrumentos em madeira. Na tabela são apresentados os principais concorrentes e as gamas de preço que estes praticam.

Marca	Preço
Framus	Superior a €400
Fender	Superior a €400
Gibson	Superior a €400
Washburn	Inferior a €1400
Yamaha	Inferior a €1400
Epiphone	Inferior a €1400
Squier	Inferior a €1400

**Tabela 2** Marcas de Fabricantes de guitarras e respectivas gamas de preços

Existem modelos de algumas marcas que têm preços bastante altos, como por exemplo a guitarra EVH, construída pela Fender, que custa cerca de 25.000 euros, feita numa série limitada de 300 unidades.

A tecnologia concorrente mais forte é a própria indústria tradicional de guitarras em madeira.

Os modelos de guitarras, ou outros tipo de instrumentos, que recorrem a novos materiais são muito escassos e ainda com pouca penetração no mercado. Especificamente no ramo das guitarras eléctricas a concorrência específica cinge-se principalmente às empresas *XOX Audiotools*, que apresenta um modelo com o preço de €2449 e a *Status-Graphite* que apresenta um modelo com o preço de €1526.

## 2.4 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

O projecto em design industrial é sempre indissociável dos materiais e das técnicas utilizadas para a sua transformação. Tendo definidos à partida os materiais com os quais se vai trabalhar, é antes de mais essencial conhecer as suas características e comportamentos.

Os materiais compósitos iniciaram a sua “caminhada” de sucesso em meados do século 20 e daí em diante a sua expressão industrial não mais parou de crescer. Desde artigos simples, utilizados quotidianamente por todos nós, até aplicações em estruturas e componentes para a indústria aeronáutica e aeroespacial, os materiais compósitos ocupam actualmente um lugar destacado entre os materiais de engenharia. Isto deve-se naturalmente às vantagens que possuem relativamente aos materiais tradicionais, entre as quais sobressaem a facilidade de processamento, a elevada rigidez e resistência mecânica e o baixo peso específico dos compósitos de matriz polimérica.(...)

Um material diz-se compósito quando resulta da combinação de dois ou mais materiais distintos. O exemplo clássico mais vulgar é os compósitos fibrosos, isto é, que resultam da dispersão de fibras num material aglomerante, que se designa por matriz. A incorporação de fibras para melhorar as propriedades dos materiais tradicionais começou nos primórdios da história da Humanidade. Um dos primeiros exemplos, referido no *Antigo Testamento*, é os tijolos de argila reforçados com fibras de palha. Hoje em dia, o conjunto de materiais que se adjectivam de compósitos é muito vasto, e vão desde o vulgar betão armado até aos compósitos de elevado desempenho, à base de resinas de epóxido reforçadas com fibras contínuas de carbono.(...) (Moura, Morais & Magalhães, pág 1, 2005)

A fibra de carbono é um filamento de matéria com aproximadamente 0.0002-0.0004 polegadas (0.005-0.010 milímetros) de diâmetro e composto maioritariamente de átomos de carbono. Os átomos de carbono são ligados em cristais microscópicos que se alinham mais ou menos paralelamente ao longo do eixo da fibra. O alinhamento dos cristais faz com que a fibra seja extremamente forte para o seu tamanho. Vários milhares de fibras de carbono são torcidas de modo a criar um novelo, que pode ser usado por si só ou transformado num tecido. Este tecido é combinado com resina epóxido e curado ou moldado de modo a criar diversos materiais compósitos. Materiais compósitos reforçados a fibra de carbono são utilizados no fabrico de peças para aviões e naves espaciais, carroçarias para carros de corrida, tacos de golf, quadros de bicicleta, canas de pesca, mastros de veleiros e diversos outros componentes onde pouco peso e alta resistência são necessários. (Answers.com, 2010, tradução livre)

Os compósitos de carbono apresentam algumas características bastante semelhantes às da madeira, o que faz deles materiais alternativos bastante adequados à construção de instrumentos musicais: São ambos materiais fibrosos e são ambos ortotrópicos (apresentam propriedades físicas semelhantes numa determinada direcção). A madeira, tratando-se de um produto natural, tem um comportamento imprevisível e inconstante no que diz respeito às suas características mecânicas. Existem vários factores que afectam negativamente o desempenho do instrumento e que não são da responsabilidade directa do executante ou do proprietário. A salientar:

- As variações de humidade e temperatura que provocam deformação do instrumento e, consequentemente, a desafinação. Este fenómeno ocorre frequentemente durante a execução. A localização geográfica pode, também, potenciar este efeito uma vez que um instrumento produzido num país, com um determinado clima, poderá ter um comportamento diferente do esperado num outro ponto do globo.

- As tensões nas cordas provocam deformações no instrumento, e, ao longo do tempo, as deformações elásticas tornam-se plásticas (empenos).
- Os instrumentos de madeira sofrem também o desgaste provocado pela própria utilização, chegando mesmo a provocar a sua inutilização.
- O peso é, também, uma desvantagem, fruto da utilização de blocos maciços de madeira ao que se adiciona o peso do equipamento electrónico.

O uso de compósitos de carbono tem claras vantagens para o utilizador final, uma vez que os materiais possibilitam uma clara redução do peso final do produto. A previsão de redução de peso encontra-se perto dos 40%, dependendo da electrónica usada. Assim, para um tipo de guitarra que pese usualmente 4kg, a redução é de aproximadamente 1,5kg.

PERSPECTIVA TÉCNICA	PERSPECTIVA DO MÚSICO
Resistência mecânica e rigidez	Inovações técnicas e estéticas
Estabilidade dimensional	Boa relação peso/resistência
Uniformidade do material	Reprodutibilidade de características sonoras
Repetibilidade das propriedades	Precisão da afinação

**Tabela 3** - Vantagens da tecnologia sob diferentes perspectivas

A nível técnico, a possibilidade de produzir braços mais estreitos (facilitando a execução do músico) e a melhoria das características como o *sustain* são vantagens imediatas para o músico. Outra vantagem será baixa sensibilidade do material às alterações das condições de humidade e temperatura que contribuem para uma afinação mais precisa e constante ao longo do tempo.

Por outro lado, a utilização deste material alternativo à madeira permite não só reduzir o consumo de matérias primas em termos quantitativos como também em termos qualitativos, uma vez que tradicionalmente o fabrico de guitarras é feito à custa do abate de árvores de madeiras raras e exóticas. Estas características permitem ao instrumento musical um desempenho mais estável, uma durabilidade superior e mesmo uma capacidade de, desde a fase inicial de desenvolvimento, garantir a qualidade do produto.



### 3.1 CONCEPÇÃO DO MODELO ORIGINAL DE GUITARRA #1

#### 3.1.1 CONCEITOS E REFERÊNCIAS

Os primeiros modelos de sucesso de guitarras eléctricas foram lançados nos anos 50, sendo que ainda hoje os desenhos modernos são baseados nesses mesmos modelos.

Tentativas de aumentar o volume de som de instrumentos acústicos por meios mecânicos foram efectuadas perto do início do século; mais tarde, captadores e amplificadores foram utilizados para obter o mesmo efeito. Uma vez que essas tentativas foram bastante numerosas, ninguém é capaz de afirmar com certeza ter inventado a guitarra eléctrica. O que é certo, no entanto, é o facto que a ideia foi desenvolvida nos anos 30 e 40 e que o primeiro captador electromagnético foi aplicado no guitarra Rickenbacker que se assemelhava mais a uma frigideira com uma pega do que a uma guitarra como a conhecemos hoje. Mas um nome será para sempre associado às guitarras eléctricas: Leo Fender. As guitarras Fender geralmente têm um corpo feito de madeira “maple”, “ash”, “alder” ou “basswood” e um braço aparafusado feito em “maple”.

Os nomes destas guitarras são meramente nomenclaturas de produto sem nenhum significado acrescido, tal como no universo automóvel, onde os fabricantes dão diferentes nomes a diferentes modelos. A maioria destes nomes de guitarras são marcas registadas pelos referidos fabricantes.

Há inúmeras variações destes tipos de guitarras, sendo o formato da cabeça o pormenor que melhor permite a distinção entre modelos. No geral, a maior parte dos tipos de guitarras – incluindo as modernas – podem ser classificadas segundo os modelos de seguida indicados:

A Telecaster, ou Tele, foi a primeira guitarra produzida industrialmente a obter sucesso comercial; Foi desenvolvida pela empresa americana Fender. A forma desta guitarra de aspecto agradável e construção simples e eficaz permanece praticamente inalterada desde 1950, e a sua popularidade mantém-se ainda hoje.

A Stratocaster, ou Strat, foi o segundo grande sucesso da Fender: Tremolo, três captadores e um formato de corpo ergonómico tornaram-na “na” guitarra eléctrica.

A Les Paul é um modelo clássico da Gibson cujo nome advém do seu principal patrocinado. O seu desenho é da autoria de Ted McCarthy. O seu corpo e braço são feitos de “mahogany”, e uma vez que o braço é colado ao corpo, é de difícil remoção. O corpo tem habitualmente um topo de “maple”. (Koch 2001, págs. 2,3, tradução livre)

Estes três modelos: Telecaster, Stratocaster e Les Paul são os desenhos em que a grande maioria dos modelos de guitarras eléctricas se baseiam.

Tendo em conta as questões formais apontadas por Dorfler e o facto de se tratar de um produto de uma marca nova feito num material pouco tradicional, optou-se por basear o desenho do primeiro modelo num modelo clássico de modo a criar mais facilmente uma ligação empática com o utilizador final. O modelo escolhido foi a Gibson Les Paul (figura 1).



Figura 1 - Gibson Les Paul Standard



Figura 2 - Levantamento de diversos modelos de guitarra eléctrica

Foi feito um levantamento de diversos modelos de guitarras e outros instrumentos das décadas de 50, 60 e 70 assim como de modelos mais actuais para efeitos de estudo (figura 2). Esta pesquisa teve como objectivo identificar as diferentes soluções formais presentes neste momento no mercado de modo a obter uma visão mais global do universo para o qual estamos a projectar.

Procurando também explorar as possibilidades e a estética que o material escolhido nos permite, usou-se a indústria automóvel como fonte de inspiração para possíveis pormenores, detalhes, tratamento de superfícies e acabamentos.

Desta pesquisa idealizou-se criar uma peça à qual seriam acoplados todos os componentes electrónicos da guitarra (os potenciómetros, os botões de volume, o *jack de input*...) que encaixaria na guitarra. É comum nos modelos de guitarra existirem tampas de acesso a estes componentes nas costas ou mesmo na frente da guitarra (cobertas nestes casos pelo *pickguard*, tradicionalmente). Encaixar todos esses componentes numa peça única, permite-nos fazer as costas da guitarra como uma superfície única, podendo dar mais expressão e destaque às potencialidades dos compósitos de carbono. Por outro lado, de um ponto de vista de montagem e manutenção, a existência de uma peça com esta tipologia permite um acesso mais imediato e optimizado aos componentes. Foram feitos esquissos de diversas alternativas para a peça sendo o desenho final seleccionado apresentado na figura 4.



Figura 3 - Moodboard

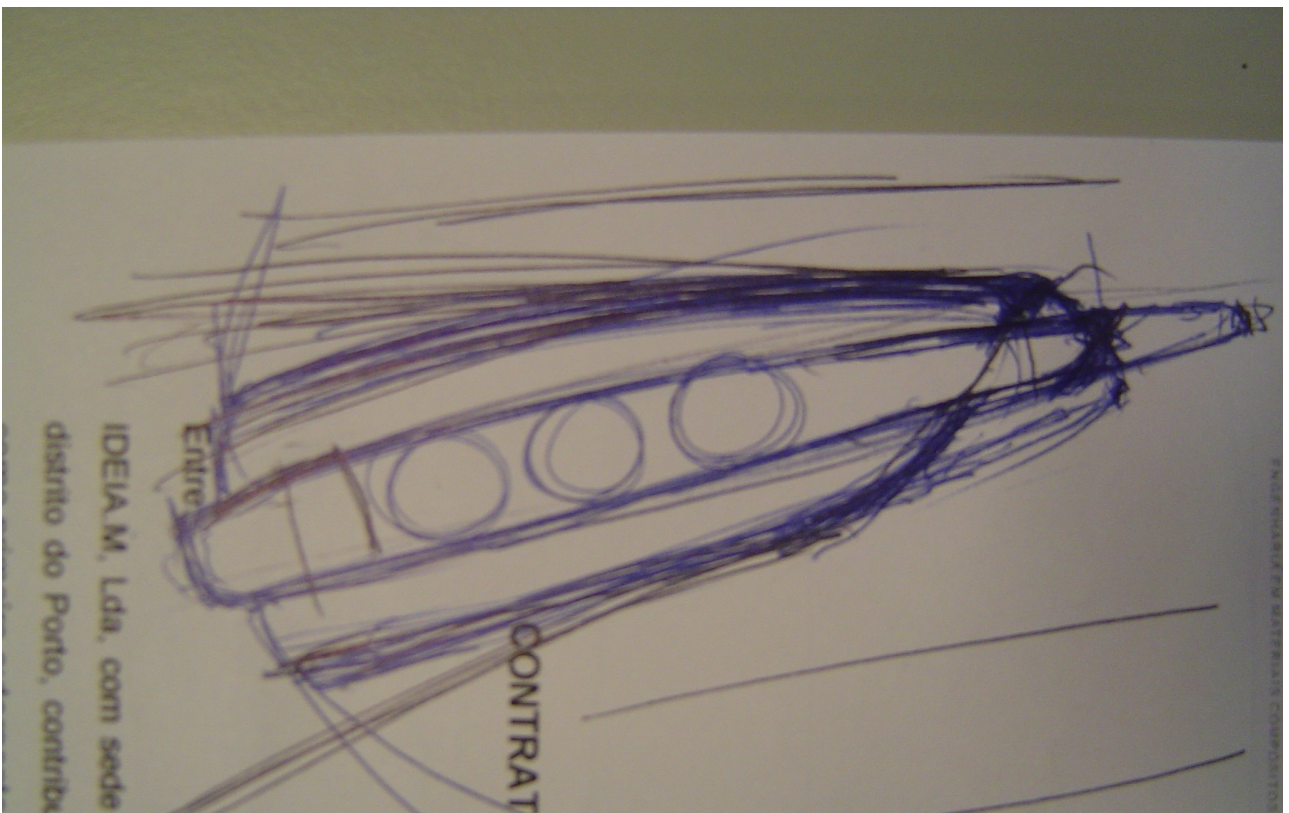


Figura 4 - Esquisso da peça para a electrónica

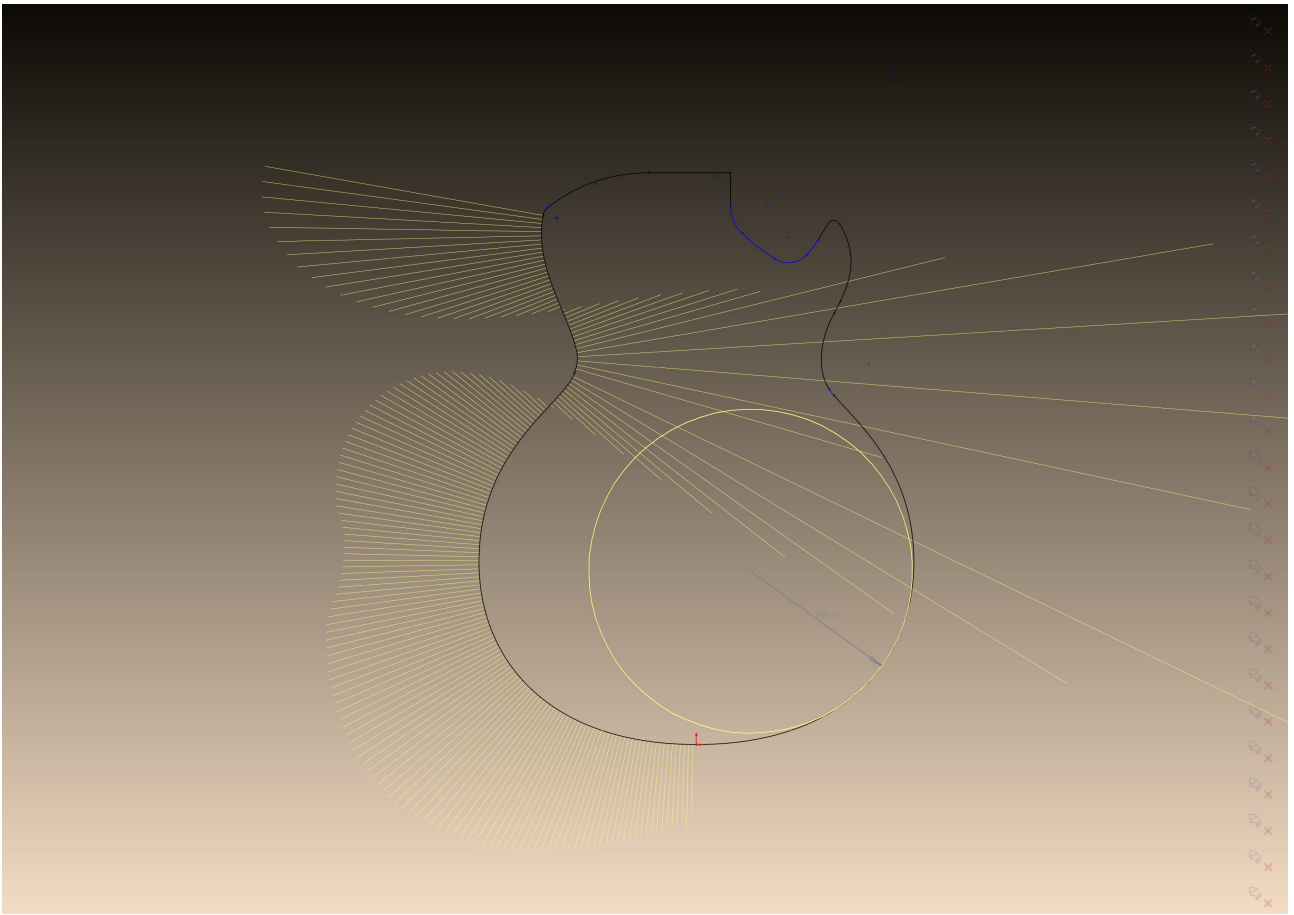
### 3.1.2 DIMENSIONAMENTO GERAL E LEVANTAMENTO DE COMPONENTES

Antes de se ter iniciado a modelação CAD, foi necessário ter um noção das restrições dimensionais, dos componentes externos a incorporar, dos seus métodos de encaixe e tolerâncias. Estes factores podem restringir à partida as formas que se podem propor para o novo objecto. Para tal, foi feito um estudo exaustivo ao nível de marcas de ferragens e peças electrónicas para instrumentos de modo a seleccionar os componentes a incluir na guitarra e retirar os seus dimensionamentos específicos.

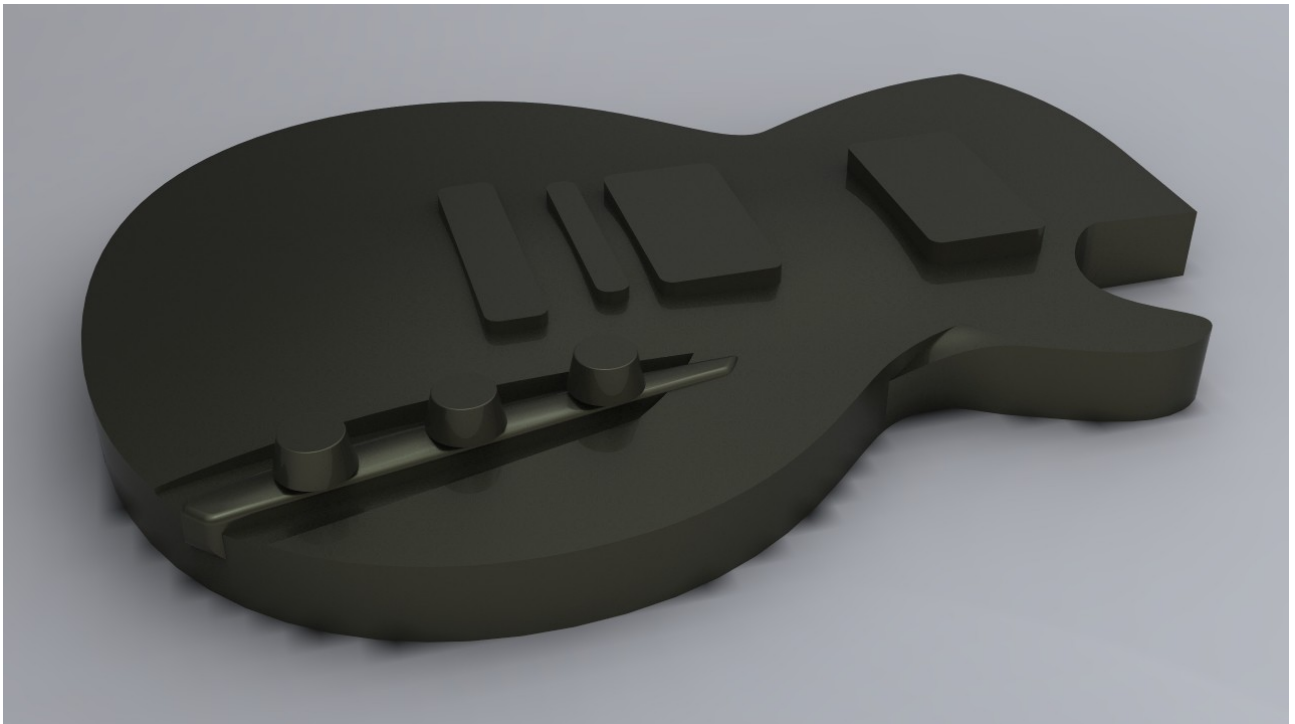
Para o desenvolvimento do corpo da guitarra, a selecção de componentes não teve grande influência no desenho. As ferragens a utilizar eram todas elas aplicáveis directamente no tampo (sem haver necessidade de abrir tampas de acesso) e a colocação dos 2 *pickups humbuckers* previstos não provocava nenhuma interferência à modelação da forma. No caso da peça para a electrónica, foi necessário fazer algumas alterações à configuração base do modelo que serviu de referência. A Gibson Les Paul apresenta 2 *pickups humbuckers*, um selector de *pickups 3-way* que permite comutar entre o *pickup* do *neck*, o *pickup* da *bridge* ou ambos, e um par de *knobs* de volume e de tone independentes para cada *pickup*. Esta configuração seria impossível de acomodar na peça previamente desenhada. A solução escolhida consistiu em manter o desenho da peça e alterar a configuração eléctrica para uma outra configuração padrão para guitarras de dois *humbuckers*: o novo modelo passaria então a contemplar apenas um *knob* de volume e um *knob* de tone gerais, que afectam ambos os *pickups*.

### 3.1.3 DESENHO E MODELO VIRTUAL

Tendo as restrições e dimensionamentos gerais definidos, fez-se a modelação CAD da nova proposta de guitarra. Para esta tarefa, foi utilizado um modelador de sólidos paramétrico, o Solidworks 2010, da Dassault Systèmes. A modelação em Solidworks permite-nos trabalhar com alta precisão em termos geométricos, o que se revela muito importante neste projecto porque envolve diversos componentes com ajustamentos na ordem de tolerância do milímetro. Esta aplicação de CAD permite também exportar directamente o modelo CAD num formato adequado à maquinagem, essencial para obter um molde que respeite as dimensões projectadas. Como auxílio ao processo de modelação em CAD, recorreu-se em diversas fases do processo a softwares como o Hypershot da Bunkspeed para conceber visualizações foto-realistas do modelo de modo a analisar melhor a qualidade das superfícies e o próprio desenho das peças. Na modelação tomamos como ponto de partida as curvas originais de um modelo Les Paul da Gibson. No desenvolvimento do modelo virtual, foi decidido reduzir o peso da guitarra e, neste sentido, considerou-se uma espessura de 33 mm na região mais espessa da guitarra, contra os 40 mm da guitarra de referência. A espessura, que delimita as superfícies do tampo e das costas, foi obtida através de uma extrusão com ângulo de 3°, a partir das costas, de modo a facilitar posteriormente a desmoldagem da peça do molde na fase de produção. A figura 5 ilustra o esquisso (*sketch 2D*) da componente geometral do corpo da guitarra, Na figura 6 mostra-se as superfícies e a volumetria do corpo.



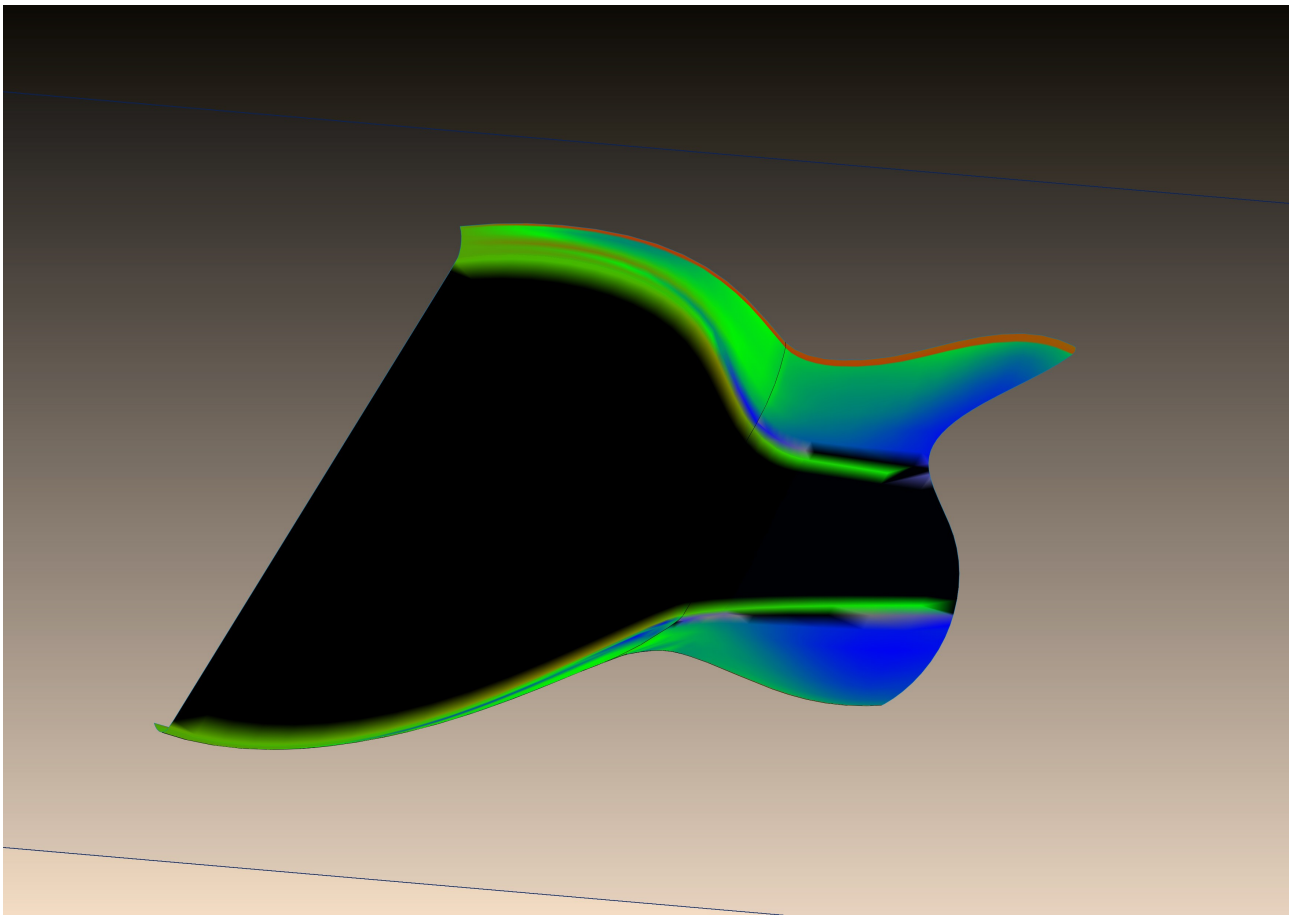
**Figura 5** - *Sketch 2D* da silhueta do desenho final a desenvolver



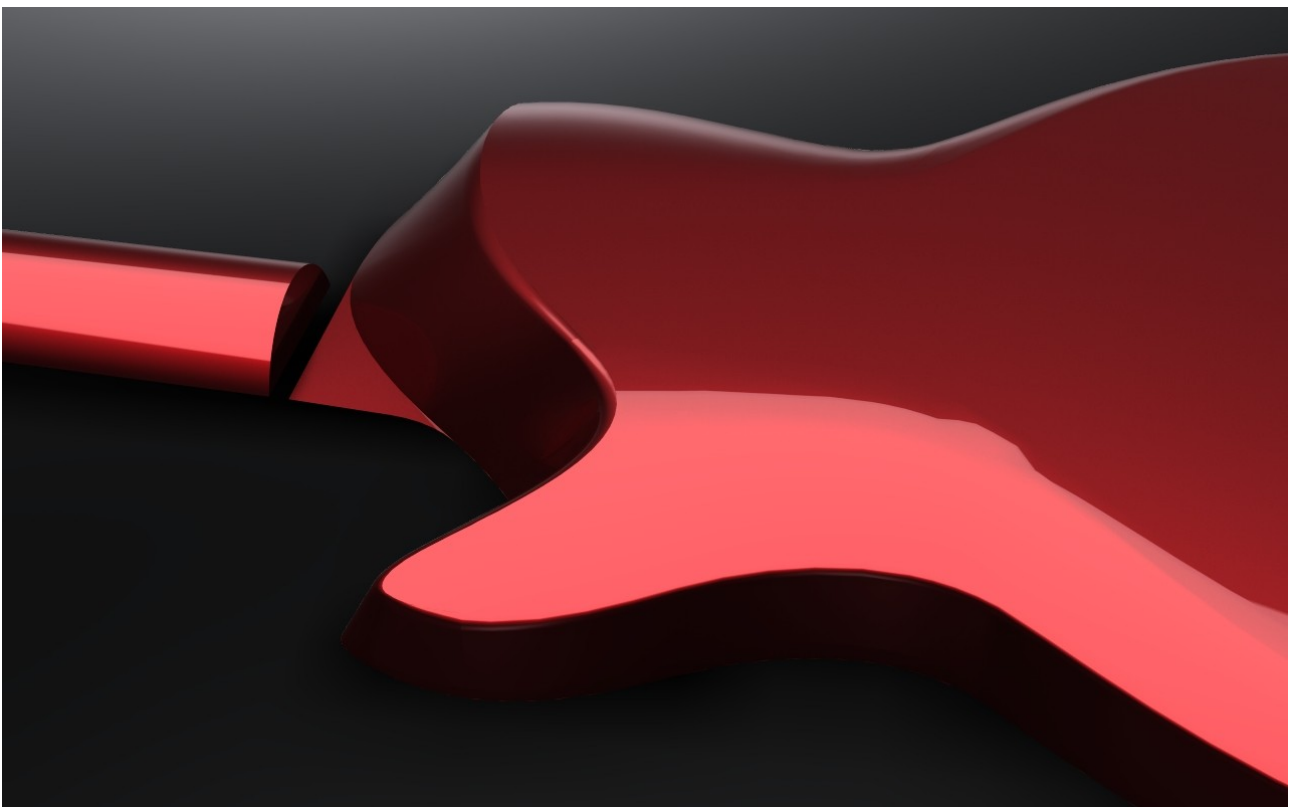
**Figura 6** - Volumetria e superfícies do corpo

A superfície anterior do corpo (tampo) é contínua, com uma curvatura muito ligeira, que alude ao tampo do modelo Les Paul (que apresenta uma curvatura bastante enfatizada) sem perder a relação com a estética de curvas e superfícies do modelo desenvolvido. Na parte inferior da superfície há uma reentrância que delimita a área de ajustamento da peça para a electrónica. Esta zona foi desenhada com linhas que complementam e harmonizam as linhas da peça.

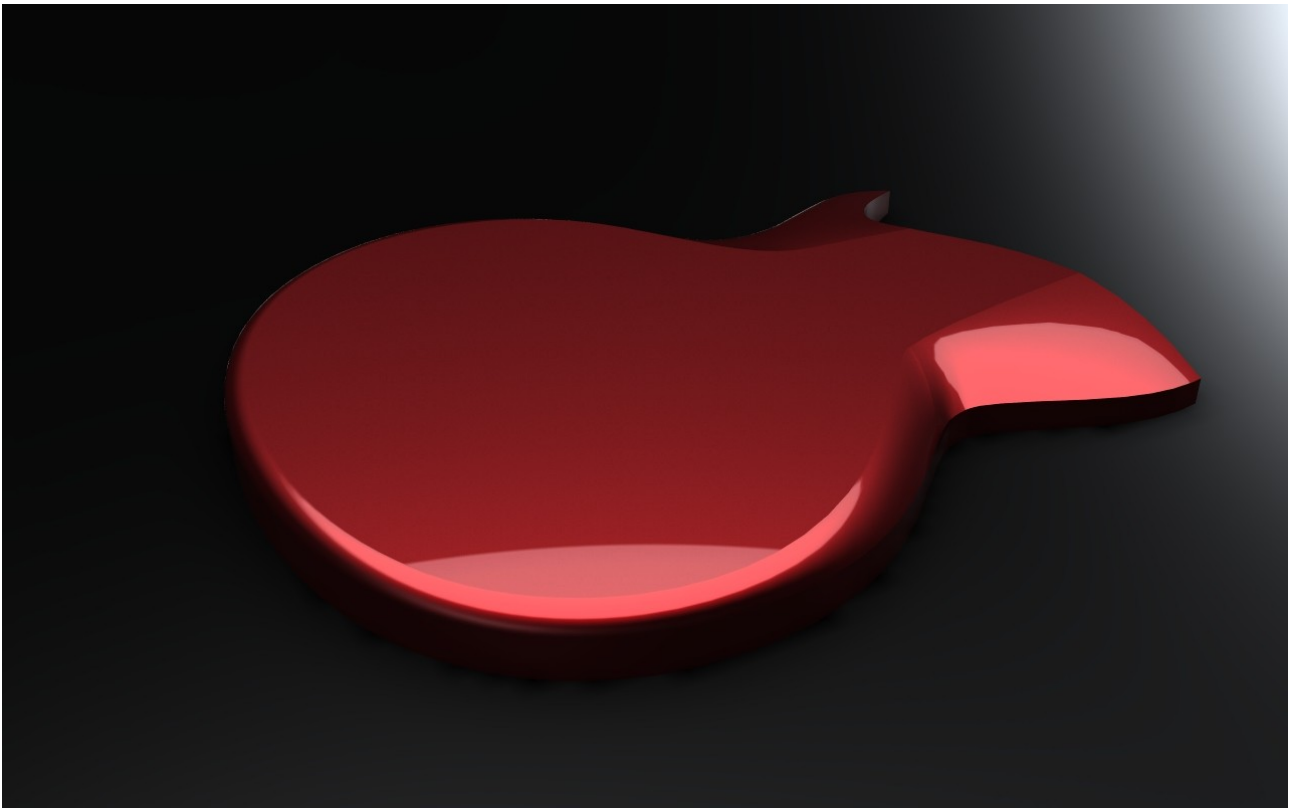
Tradicionalmente, nos instrumentos de madeira o braço é acoplado ao corpo por colagem ou aparafusamento, uma vez que fazer o conjunto numa só peça seria muito caro e pouco prático, dada a necessidade de esculpir tudo numa única peça de madeira. O uso de CFRPs permite-nos facilmente fazer o conjunto do corpo com o braço numa só peça. Assim, foi então necessário desenhar uma superfície (posterior) em que as costas do corpo do modelo fluíssem para o braço. Este trabalho foi efectuado por um processo iterativo, criando superfícies independentes, nas costas e no braço, que fluíssem de uma para a outra com uma relação ou de tangencia ou de curvatura constante (quando possível) . Nesta fase foram testadas diversas soluções diferentes até à obtenção de um resultado interessante e agradável em termos estéticos (figuras 7 a 10).



**Figura 7** - Superfície inicial para o trabalho das costas (superfície posterior) do corpo da guitarra



**Figura 8** - Pormenor do desenvolvimento da superfície das costas #1



**Figura 9** - Pormenor do desenvolvimento da superfície das costas #2



**Figura 10** - Pormenor do desenvolvimento da superfície das costas #3

O desenho da cabeça, em qualquer guitarra, é um pormenor de bastante importância pois, como foi atrás referido, o registo da patente de desenho é atribuída à forma da cabeça e não à forma do corpo. Dentro dos diferentes desenhos, existem duas tendências gerais que são as cabeças onde se verifica uma distribuição de 3 afinadores para cada lado ou as cabeças onde os 6 afinadores estão presentes do mesmo lado. Uma vez que o modelo de referência apresenta uma cabeça simétrica, com 3 afinadores (figura 11) de cada lado, optamos por fazer um levantamento dos diferentes desenhos com cabeças dessa tipologia no mercado e tentar chegar a um desenho que mantivesse a linguagem usada no corpo e que ao mesmo tempo fosse facilmente distinguível dos diferentes modelos existentes. As figuras 12 e 13 ilustram desenhos de exploração geométrica de cabeças. A figura 14 mostra a cabeça final considerada para o novo modelo de guitarra.



Figura 11 - Desenho de uma cabeça Gibson Les Paul

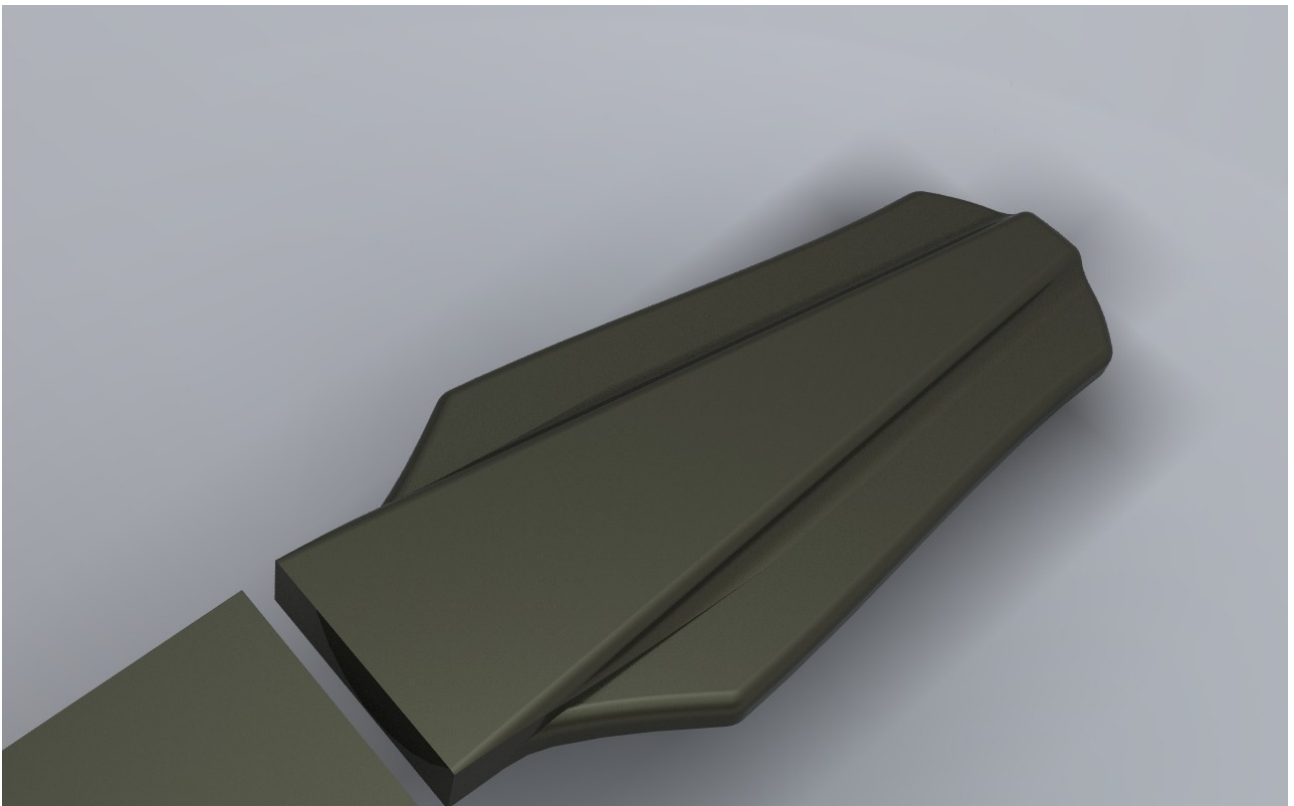


Figura 12 - Desenho de exploração da cabeça #1

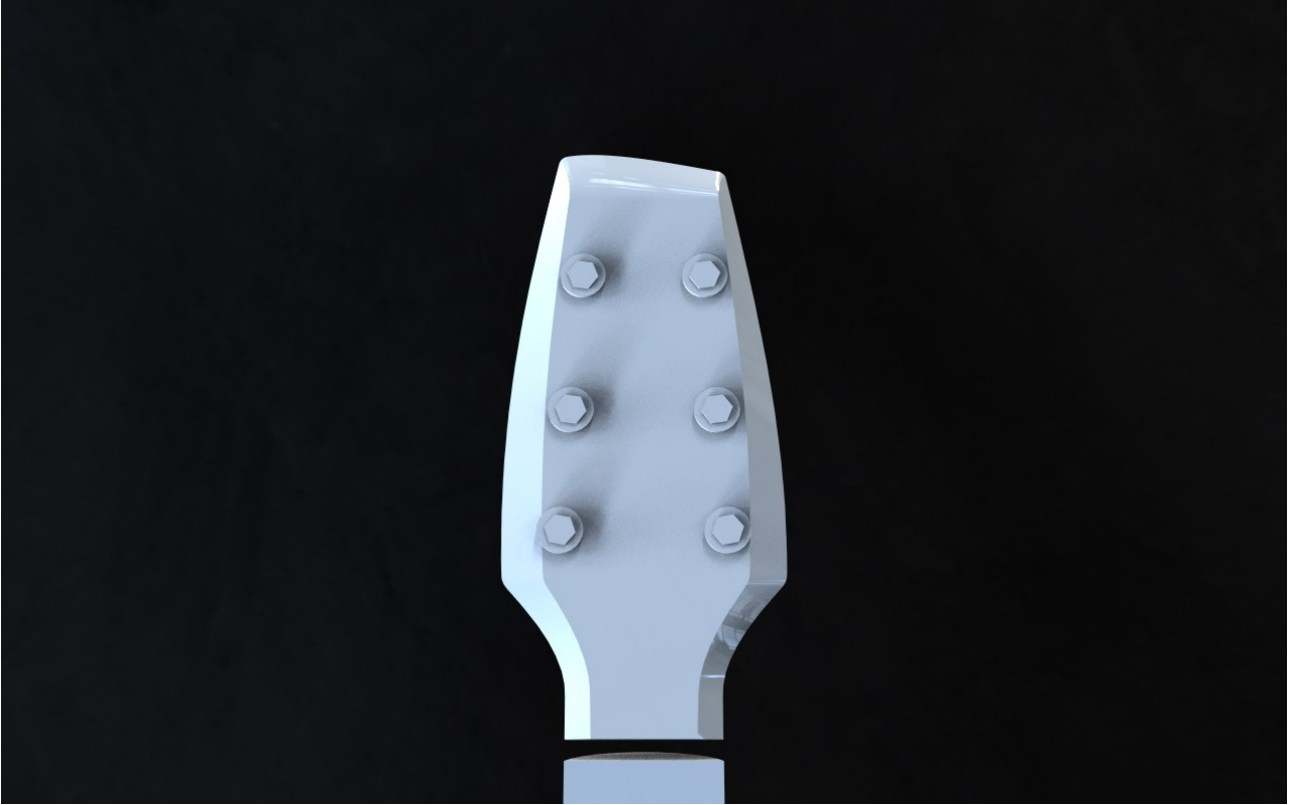


Figura 13 - Desenho de exploração da cabeça #2



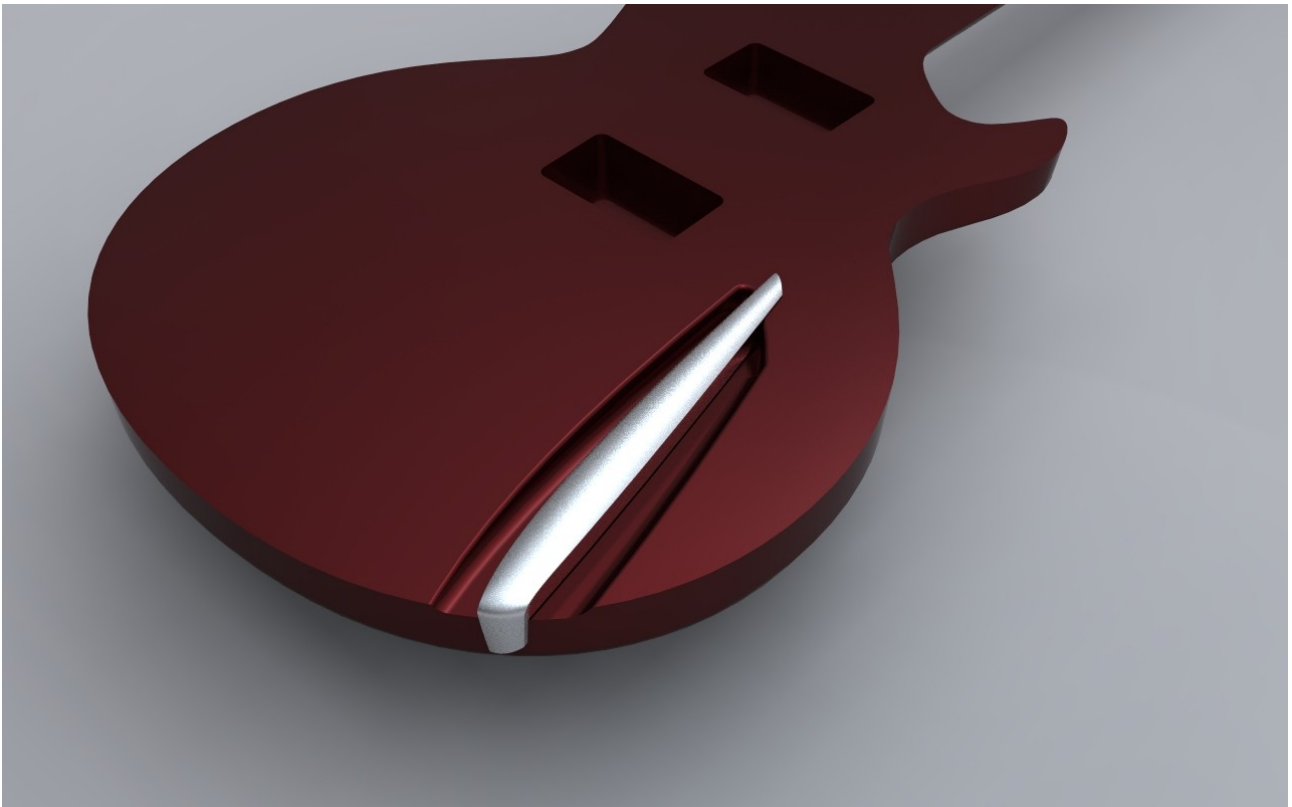
Figura 14 - Desenho final da cabeça

Com a volumetria geral definida, antes de prosseguir para a maquinação foi construído um protótipo em MDF (figura 15). Este protótipo permitiu avaliar e validar o desenho em termos de equilíbrio, ergonomia e adequação das dimensões gerais antes de partir para a maquinação do molde. Não tendo sido identificados potenciais problemas, concluí-se a fase de modelação do corpo e preparou-se o modelo para a respectiva maquinação.

Com o desenho do corpo finalizado, iniciou-se os trabalhos da peça externa que virá a englobar a electrónica (figura 16). Esta peça sofreu diversas alterações ao longo do processo de desenvolvimento e revelou-se um desafio devido as suas inerentes especificidades.



**Figura 15** - Protótipo em MDF



**Figura 16** – Modelo CAD exploratório da peça para a electrónica

A peça teria que respeitar certas dimensões e proporções para apresentar um resultado estético desejável: a sua espessura tinha que estar em harmonia com o rebaixo que foi criado no corpo da guitarra, a relação entre o diâmetro dos *knobs* e a largura da peça tinha que permitir que ambos os *knobs* estivessem para dentro ou para fora das linhas limítrofes da peça (situação dificultada pela largura variável da peça) e a parte inferior da peça para o encaixe do *jack* teria que rematar antes do início do boleado das costas do corpo. Esta parte da peça para o encaixe do *jack* teria também que respeitar a variação de 3° aplicada na espessura, de modo a acompanhar a superfície lateral da guitarra e o *jack* em si deveria seguir o alinhamento da peça. Paralelamente a estas questões estéticas, foi necessário gerir todas as especificidades que dizem respeito à sua função.

Em primeiro lugar, foi necessário que a volumetria da peça permitisse acomodar todos os componentes a serem aplicados. Este problema implicou a necessidade de refazer a pesquisa de componentes, pois as especificidades estéticas da peça trabalhadas nesta fase entravam em conflito com os componentes pré-seleccionados. Por outro lado, os componentes tinham de ser distribuídos ergonomicamente pela peça para a sua adequada utilização: no distanciamento entre *knobs* tem que se ter em conta que o espaço necessário para o movimento de rotação da mão e o selector de *pickups* deverá funcionar no sentido do movimento da mão durante a execução (de modo a ser possível trocar o *pickup* recorrendo apenas a uma extensão desse movimento) (figuras 17 e 18).



**Figura 17** - Modelo CAD da peça para a electrónica #1

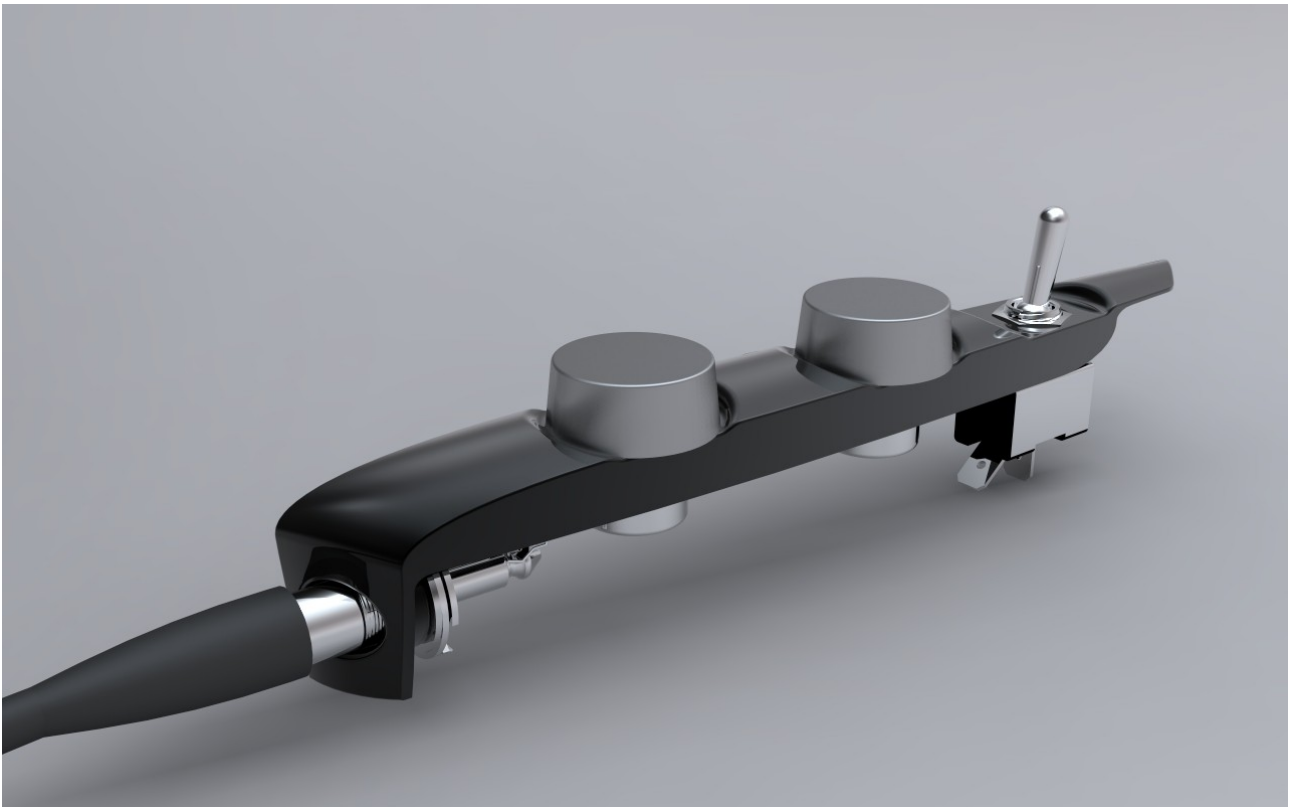


**Figura 18** - Modelo CAD da peça para a electrónica #2

O modelo da peça implicou diversas iterações diferentes, havendo ajustes ligeiros relativamente a acomodação e ajustamentos dos diversos componentes. Foi necessário o desenvolvimento do conjunto ao nível do CAD e da prototipagem até à obtenção do resultado final. A figura 19 mostra o modelo virtual da peça final.

Após conclusão dos modelos CAD, concebeu-se e criou-se imagens foto-realistas com recurso ao renderizador Photoview 360. Estas imagens são usadas não só para identificar possíveis erros na modelação, ou problemas ao nível das superfícies, mas também para testar visualmente vários tipos de pinturas e/ou acabamentos diferentes (figuras 20 a 23). Estas imagens foram utilizadas para decidir o aspecto final dos primeiros protótipos da produção.

O desenvolvimento da mala de transporte foi realizado após conclusão das guitarras.



**Figura 19** - Modelo da peça para a electrónica: a peça e os componentes



**Figura 20** - Imagem foto-realista do primeiro modelo #1 (branco + cromado)



**Figura 21** - Imagem foto-realista do primeiro modelo #2 (branco+cromado)



**Figura 22** - Imagem foto-realista do primeiro modelo #3 (branco+cromado)



**Figura 23** - Imagem foto-realista do primeiro modelo #4 (branco+cromado)

## CAPÍTULO IV

---

## 4.1 CONCEPÇÃO DA MALA PARA TRANSPORTE DA GUITARRA

### 4.1.1 OBJECTIVOS E RESTRIÇÕES

Tradicionalmente, num instrumento de preço elevado, o fabricante fornece uma mala rígida para transporte. Existindo diversas marcas especializadas de venda de malas para instrumentos, poder-se-ia ter optado por um determinado modelo que seria disponibilizado com a guitarra. No entanto, tendo em conta a mensagem de exclusividade que se pretende transmitir com a guitarra, torna-se importante que esta seja acompanhada por uma mala própria de desenho também original. Para além da função básica de acomodar e proteger o instrumento durante o transporte, a mala terá que permitir a identificação imediata da marca e transmitir os mesmos valores e mensagens citadas na guitarra.

Dadas as especificidades do material, é também importante que a mala apresente algumas melhorias em termos de peso comparativamente ao que existe no mercado, mantendo resistência equivalente ou superior.

Após fazer um levantamento dos modelos presentes no mercado, concluímos que se trata de um objecto de desenho muito tradicional. Os modelos dividem-se entre opções onde a forma exterior da mala replica a forma do instrumento ou modelos rectangulares (figura 24).

Dada a filosofia da exploração das possibilidades do material e a necessidade de manter uma coerência estilística entre os modelos da guitarra e da mala, optamos por procurar um desenho que fugisse às linhas dos modelos actualmente disponíveis. A figura 25 ilustra esboços da mala desenvolvida.



Figura 24 - Exemplos de malas de transporte de instrumentos à venda presentemente

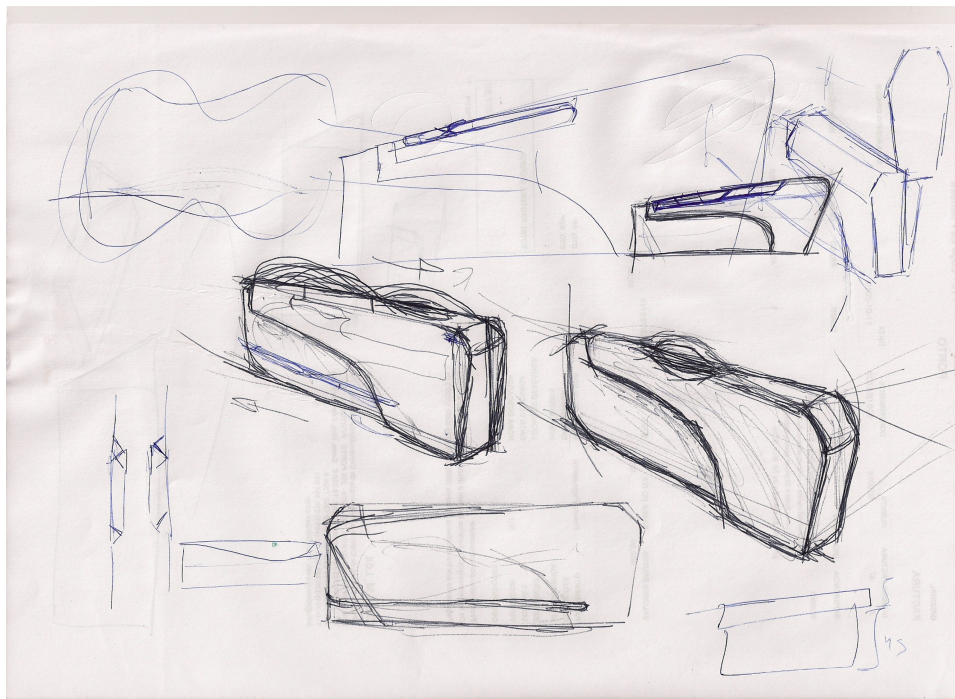


Figura 25 - Esquissos para a mala de transporte

#### 4.1.2 REFERÊNCIAS E MODELO VIRTUAL CAD

Procurou-se o desenho de uma forma que permitisse uma diferenciação relativamente ao que existe no mercado e que explorasse as possibilidades estruturais do CFRPs. Como referência visual para a concepção da forma, foi feita uma pesquisa ao nível de veículos de transporte de cariz militar, como comboios, aviões e submarinos. Essas formas foram interpretadas de modo a produzir linhas globais que levassem o desenho a comunicar uma ideia de “veículo de transporte protegido”.

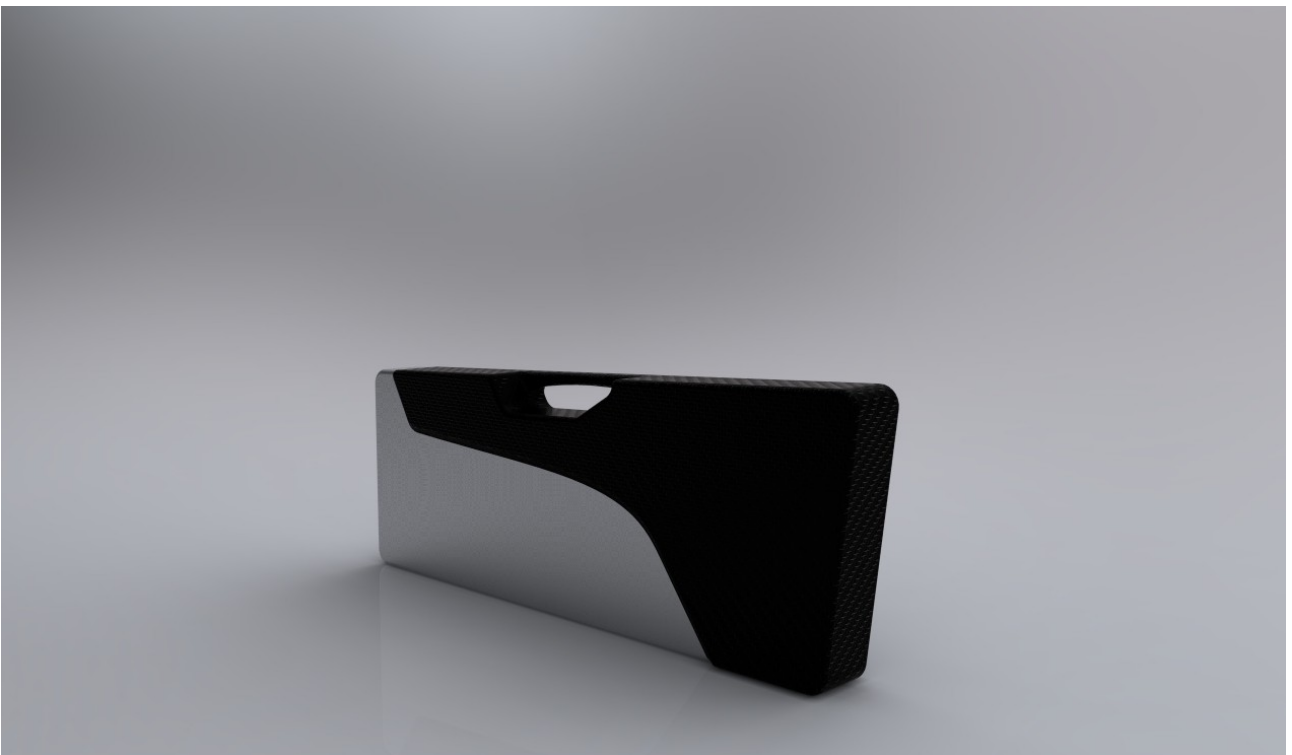
A partir dos esboços, executou-se em CAD um primeiro modelo que procurava criar um efeito de contraste, recorrendo a diferentes materiais, à semelhança do modelo da guitarra. Neste modelo, as superfícies da mala eram divididas por uma linha que delimitava uma zona de fibra de carbono e uma possivelmente de alumínio.

Esta solução demonstrar-se-ia demasiado trabalhosa e cara em termos de produção pelo que se optou por um desenho em que as superfícies seriam de um único material. Ao desenhar a pega como uma peça aparte e variando o seu material e acabamento, poderíamos obter o mesmo efeito de alusão à guitarra sem complicar a produção.

O modelo final foi fruto de diversas iterações sendo as superfícies neste desenho definidos por superfícies curvas com uma zona de encaixe da pega de recorte mais característico. A partir da modelação foi construído um modelo físico em madeira de MDF que foi usado posteriormente para a produção de moldes. As figuras 26, 27 e 28 ilustram os modelos virtuais da mala concebida. A figura 29 ilustra o pormenor da guitarra dentro da mala.



**Figura 26** – Primeiro modelo para a mala de transporte



**Figura 27** – Modelo com pega



**Figura 28** - Modelo final para mala de transporte (acabamento em pintura cinza metalizada)



Figura 29 - Interior da mala de transporte (acabamento em fibra de carbono)

## CAPÍTULO V

---

## 5.1 CONCEPÇÃO DO MODELO DE GUITARRA #2

### 5.1.1 CONCEITOS, ESQUISSOS E RESTRIÇÕES DIMENSIONAIS

As marcas de guitarras eléctricas com maior volume de vendas a nível mundial são, como foi atrás referido, a Gibson e a Fender. Na óptica da aproximação do nosso modelo de guitarra aos modelos mais clássicos, optamos no primeiro desenho por considerar referências da guitarra Gibson Les Paul. Para o segundo modelo optou-se por manter a mesma estratégia e desenvolver a nova guitarra com referências de um dos modelos de guitarra da Fender. Uma característica que motivou esta decisão foi o tipo de *pickups* que tradicionalmente equipam as guitarras: a Gibson recorre maioritariamente a *pickups* do tipo *humbucker* enquanto a Fender equipa os seus modelos mais conhecidos com *pickups single coil*. Uma vez que o tipo de *pickup* e o seu posicionamento são os principais responsáveis pela diferença de timbre entre guitarras eléctricas, o universo das guitarras pode ser quase dividido em dois campos: guitarras com *single coils* e guitarras com *humbuckers*. É assim importante que a linha de modelos de guitarras apresente as duas opções de modo a apelar a um número maior de músicos.

Tendo isto em conta, o modelo escolhido de referência foi a Fender Stratocaster, que não só é um dos modelos mais vendidos da marca, como também apresenta um factor formal alternativo ao desenho da nova guitarra: enquanto a Gibson Les Paul é uma guitarra *singlecutaway* (o corpo apresenta uma reentrância adjacente a um dos lados do *neck*, para permitir uma acção mais confortável na parte inferior da escala) a Fender Stratocaster (figura 30) é designada de *double-cutaway* – o corpo apresenta reentrâncias que acompanham o percurso da mão dos dois lados da escala.



Figura 30 – Fender Stratocaster

Após seleccionado o modelo, foi feita a interpretação dos contornos gerais e desenhado um perfil com proporções muito próximas mas com uma linguagem diferente, semelhante à do primeiro modelo desenvolvido. Foram feitos esboços de várias alternativas com essa linguagem, procurando criar o balanço ideal entre as características do modelo da Fender e o primeiro modelo desenhado.

Uma vez que o factor mais diferenciador do primeiro modelo foi a peça para acomodar a electrónica e as superfícies da zona que lhe é circundante, neste modelo procurou-se também desenhado uma peça com as mesmas características.

As restrições dimensionais para esta peça seriam diferentes das restrições anteriores: o modelo que serviu de base ao desenho, a Fender Stratocaster, apresenta três pickups *singlecoil*. Enquanto no primeiro modelo a configuração de pickups (2 pickups *humbucker*) permitiu-nos o uso de apenas um botão de tone, um de volume e um selector de pickup de 3 posições (que alterna entre pickup da ponte, pickup do neck e somatório dos dois), a configuração de pickups da Stratocaster obrigou a que a nova peça contenha electrónica diferente.

Este novo modelo requer 3 *knobs*: um *knob* de volume geral, um *knob* de tone do *pickup* do *neck* e um *knob* de tone do *pickup* intermédio (*middle*) (na configuração tradicional, o *pickup* da *bridge* não apresenta controles de tone). O uso de 3 *singlecoils* requer também um selector de *pickups* 5-way, que permite alternar entre 5 configurações diferentes: *neck*, intermédio, *bridge*, *neck*+intermédio e *bridge*+intermédio. Por outro lado, uma vez que o modelo Stratocaster vem tradicionalmente equipado com uma *bridge* com *tremolo*, cujo o acesso para montagem, ajuste e troca de cordas é feito pelas costas, seria impossível manter este novo modelo sem tampas de acesso às ferragens e electrónica. Como tal, optou-se por assumir o desenho das tampas, dando-lhes destaque, tentando ainda assim fugir à solução proposta pela Stratocaster, onde a electrónica está toda acoplada ao *pickguard* que ocupa grande parte da superfície do tampo da guitarra.

O novo modelo teria então uma tampa de acesso na superfície anterior, onde seriam alojados os potenciómetros e o *switch* 5-way e uma outra na superfície posterior, onde teríamos acesso ao ajuste da *bridge* e aos *pickups*. Foram feitos esquissos de diversas alternativas para ambas as superfícies do corpo sem considerar quaisquer restrições dimensionais (figuras 31 e 32).

Dos esquissos retirou-se a linguagem global desejada para a tampa frontal: seria uma peça independente que encaixaria numa superfície rebaixada do tampo, à semelhança da solução presente no primeiro modelo. Fez-se uma nova série de esquissos mais direccionados, construídos por cima do desenho do corpo a modelar. Nestes esquissos, foram experimentadas várias alternativas diferentes de linhas para a tampa e para o rebaixo (figura 33).

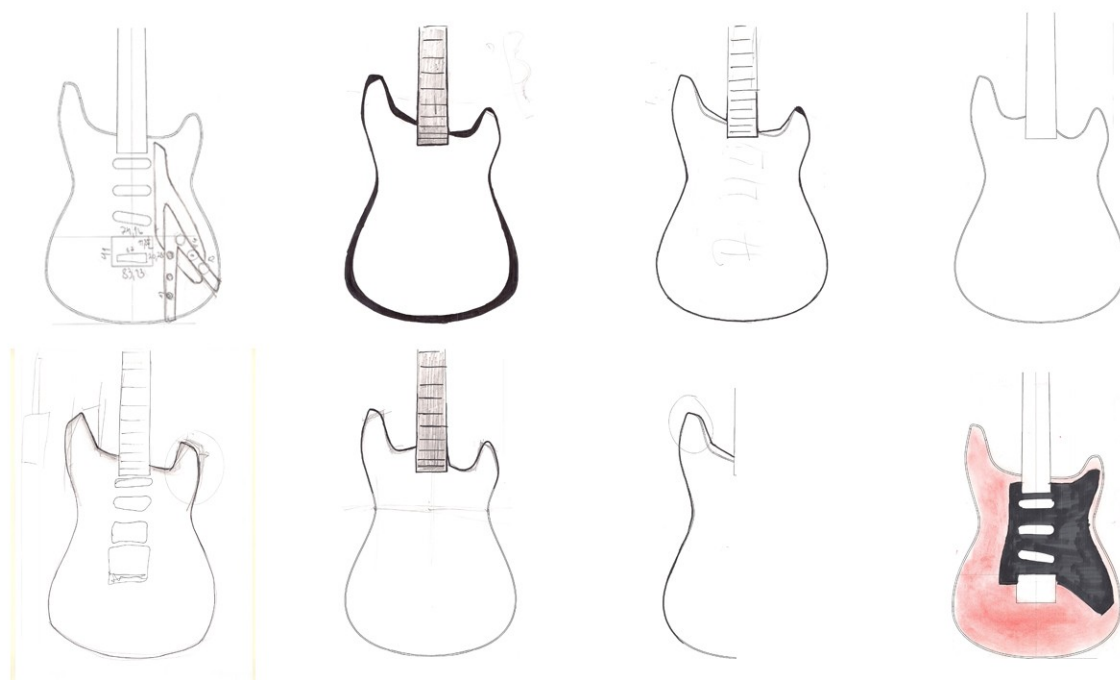


Figura 31 – Esquissos para contornos do modelo #2

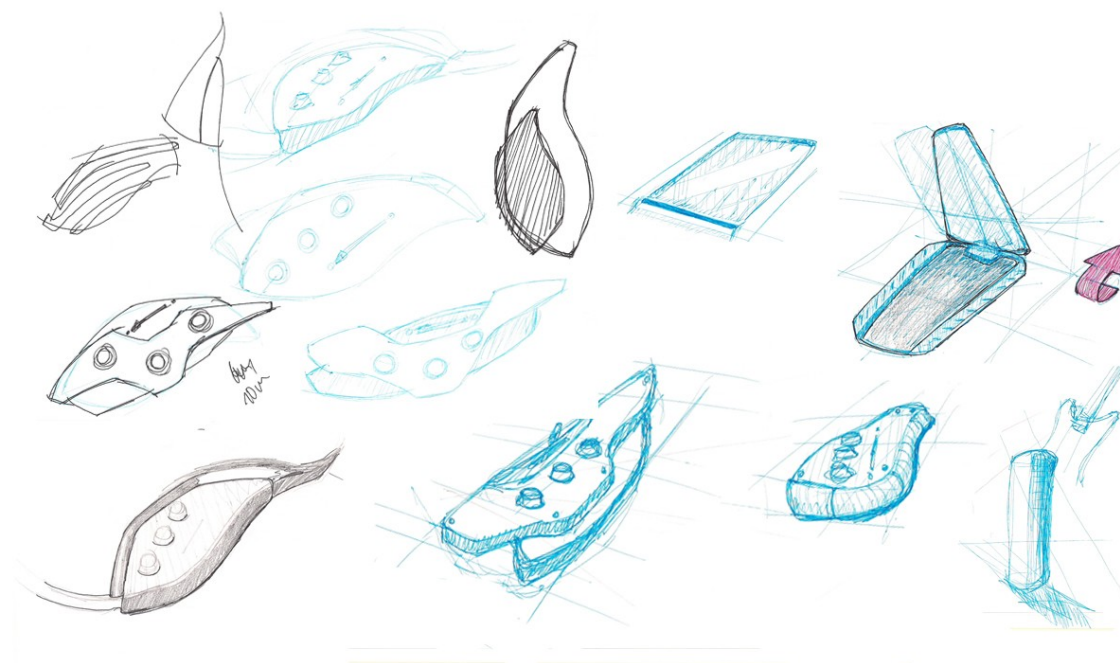


Figura 32- Esquissos para tampas de acesso do modelo #2

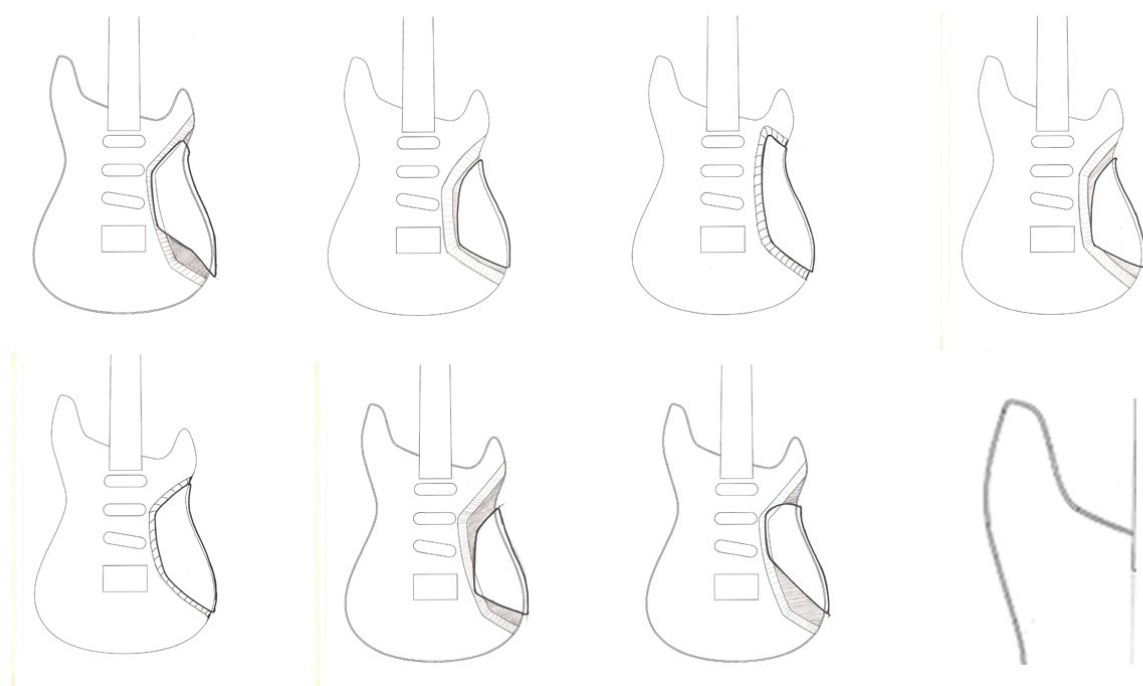


Figura 33- Esquissos para linhas de tampa e rebaixo do modelo #2

### 5.1.2 DESENHO E MODELO VIRTUAL CAD

A modelação do segundo modelo foi feita num espaço de tempo bastante mais curto do que a do primeiro modelo. Isto deve-se a dois factores: por um lado, o facto de haver componentes comuns em ambos os modelos (o *neck*, a escala, a cabeça e os potenciómetros) permitiu-nos utilizar partes já anteriormente modeladas. Por outro lado, a experiência obtida na modelação do primeiro modelo permitiu uma resolução muito mais rápida dos vários problemas e dificuldades encontrados ao longo do processo de modelação. Partindo então de alguns componentes comuns, a volumetria geral do instrumento foi desenhada com bastante facilidade.

A tarefa mais complicada seria a de escolher as linhas para o rebaixo e para a tampa, e o modo como estas superfícies seriam acopladas. Das linhas anteriormente desenhadas, foram seleccionadas e construídas as mais interessantes do nosso ponto de vista e posteriormente analisadas através de imagens foto-realistas. A decisão final recaiu sobre o modelo onde as linhas do rasgo eram concordantes com as linhas da tampa, que se revelou o mais homogéneo e eficaz. As subsequentes iterações nesta fase centraram-se na definição da distância e profundidade da tampa de acesso relativamente ao tampo da guitarra, procurando a relação mais interessante do ponto de vista estético. As figuras seguintes, 34, 35 e 36, ilustram modelos da nova guitarra.



Figura 34- Modelo CAD da volumetria geral do novo modelo



Figura 35- Modelo exploratório para tampa de acesso do novo modelo #2



**Figura 36** – Modelo final da tampa de acesso frontal

Na fase de concepção, projectou-se a tampa de acesso de modo a que esta encaixasse em rebaixos, tanto na superfície anterior como na superfície posterior da guitarra. A peça seria fixada através de parafusos presentes de ambos os lados. Após o processo de modelação CAD desta opção, concluiu-se que esta limitaria demasiado o espaço para os componentes electrónicos, pelo que se alterou o desenho da tampa de modo a que esta apenas cobrisse o corpo da guitarra e a sua lateral.

A esta alteração juntou-se o redesenho de toda a parte de trás da guitarra. Originalmente pensada para linhas mais rectas e agressivas, concluiu-se que a superfície posterior deveria seguir o formalismo do primeiro modelo, pelo que se repetiu o mesmo processo. Tal resultou num modelo muito mais próximo da primeira guitarra, conseguindo-se claramente distinguir uma linguagem de design comum a ambas. Dos objectivos iniciais propostos para o desenho deste segundo modelo, este era talvez o mais importante e difícil de atingir.

Após conclusão da modelação CAD, procedeu-se novamente à validação do desenho através de um protótipo em madeira de MDF para análise de volumetria geral e factores ergonómicos.

Através deste processo obteve-se uma percepção muito difícil de obter a partir do modelo CAD: o modelo final ficou com proporções ligeiramente inferiores às do modelo de base. Este facto só por si podia não

causar qualquer problema, mas ao manusear o protótipo e a simular o seu uso concluiu-se que essa diferença dimensional alterava substancialmente a ergonomia do instrumento e como tal, regressou-se ao modelo CAD para corrigir este problema.

Com o modelo desenhado já com a proporção correcta, recorreu-se novamente a imagens foto-realistas para identificação de potenciais problemas de superfícies e para prever soluções de pintura e acabamentos. As figuras 37 a 42 ilustram diversos modelos da nova proposta de guitarra.



**Figura 37** - Tampa de acesso a cobrir o tampo e as costas da guitarra



Figura 38- Modelo das costas da guitarra antes do trabalho de superfícies.

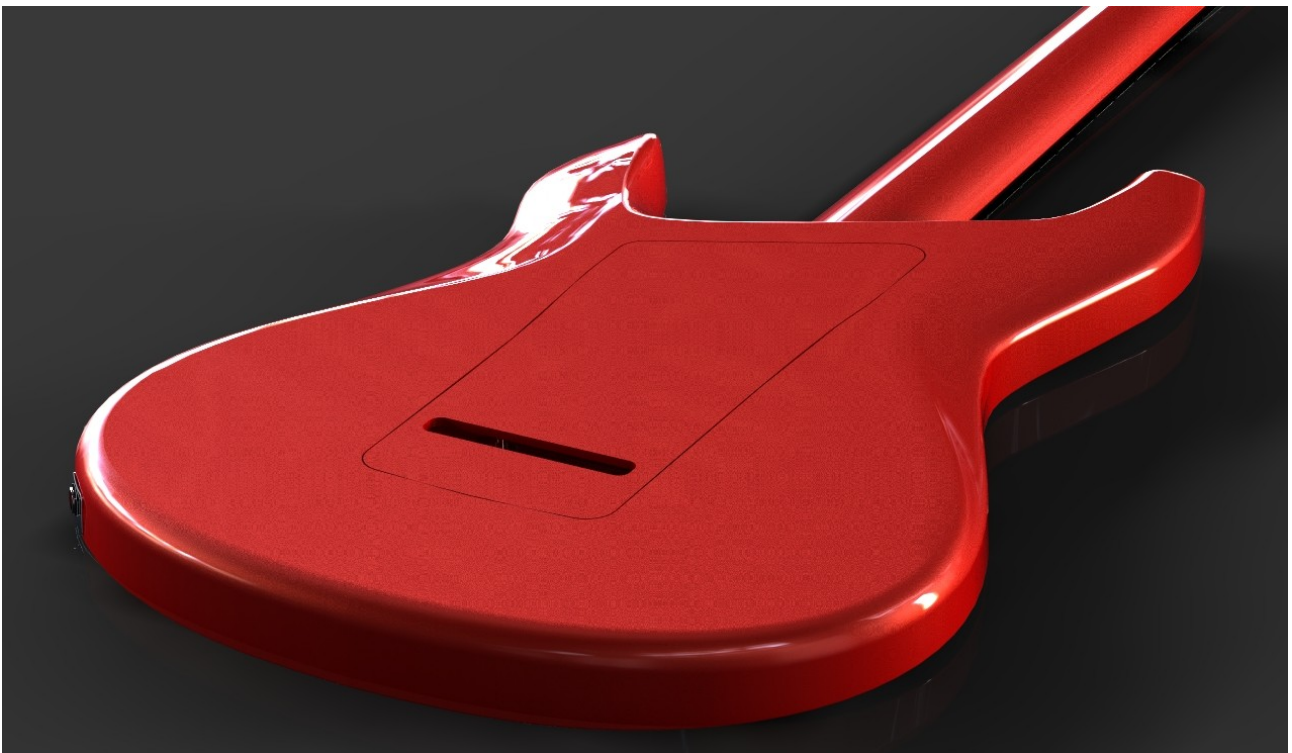


Figura 39- Modelo das costas da guitarra com desenho novo para tampa e trabalho de superfícies.



**Figura 40** – Protótipo em madeira de MDF comparado a um modelo Stratocaster



**Figura 41** - Imagem foto-realista do segundo modelo #1



**Figura 42** - Imagem foto-realista do segundo modelo #2

## CAPÍTULO VI

---

## 6.1 ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO DO MODELO #1

### 6.1.1 LAMINAÇÃO E CORTE DO CORPO DA GUITARRA

O Modelo CAD foi maquinado no CEIIA (Centro para Excelência e Inovação na Indústria Automotriz) em poliuretano de baixa densidade com recurso a um centro de maquinagem CNC de 5 eixos e revestido com topcoat de epóxido polido (figura 43). Este modelo foi usado para produzir os moldes para obter as peças. Os materiais usados na produção de moldes variam conforme os métodos e as propriedades desejadas. Para peças de alta precisão em cura por temperatura, deve ser utilizado nas peças a produzir o mesmo material utilizado nos moldes de modo a que não haja deformações derivadas das diferenças de características físicas dos materiais. Para peças executadas em fibra de carbono deve ser usado um molde em fibra de carbono, mas dado que a cura do molde é feita a temperatura ambiente e não em forno, o seu uso não se justifica. Foi então usada fibra de vidro para o compósito dos moldes, uma vez que este tem um custo mais reduzido que o de fibra de carbono. Em termos de resinas, optou-se pelo uso de resina epóxido, pois comparativamente à resina de poliéster é mais resistente e garante uma reprodução mais fiel da geometria.

O primeiro passo para a laminação dos moldes é a aplicação de *gelcoat* de epóxido (com corante verde claro, neste caso) no modelo de modo garantir que a superfície do molde respeita a geometria do modelo (figura 44). O *gelcoat* é aplicado uniformemente no modelo em 2 camadas com 4 a 6 horas de tempo de cura entre camadas. De seguida, coloca-se uma camada de véu de fibra de vidro seguida de 6 camadas de fibra de vidro *twill weave*. As camadas de fibra são previamente cortadas aproximadamente à medida do molde de modo a acomodar toda a superfície e deixar alguma folga para além dos limites da peça. A superfície é coberta de resina e colocam-se as camadas uma a uma. A cada camada é aplicada pressão com um pincel por toda a superfície juntamente com resina de modo que estas fiquem totalmente embebidas (figura 45). Depois de embebida a última camada, deixa-se a curar à temperatura ambiente durante 24 horas.



**Figura 43** – Modelo maquinado em poliuretano de baixa densidade com topcoat de epóxico (parte inferior)



Figura 44 - Aplicação de *gel coat* de epóxico no modelo



**Figura 45** - Laminação com fibra de vidro.

Após a cura, procede-se ao processo de desmoldagem onde se separa o modelo dos moldes recém-criados. Este processo é feito descolando gentilmente com uma espátula as superfícies de contacto das duas peças até se conseguir a sua separação, sem ter que aplicar muito esforço.

Obtêm-se assim dois meios moldes retirados do modelo da superfície anterior e do modelo da superfície posterior respectivamente (figura 46).

Antes de se fabricar a primeira peça em fibra de carbono, os moldes são validados com a produção de um modelo de ensaio em fibra de vidro e resina de poliéster (figura 47). Estes ensaios permite-nos avaliar se os moldes dão origem a modelos geometricamente correctos e permitem também avaliar as dimensões gerais e uma aproximação ao peso da peça em carbono a fabricar. O processo de produção do modelo de ensaio passa inicialmente por encerar ambos os moldes cuidadosamente com cera desmoldante. Esta camada de cera na superfície do molde impede que a fibra de vidro adira ao molde quando se aplica a resina. Depois de seca a superfície, procede-se à laminação das peças recorrendo à técnica descrita acima.

As duas peças obtidas (tampa + costas) são cortadas e coladas cuidadosamente de modo a obtermos uma réplica exacta do modelo CAD. Validados os moldes, parte-se para a produção do modelo em fibra de carbono.

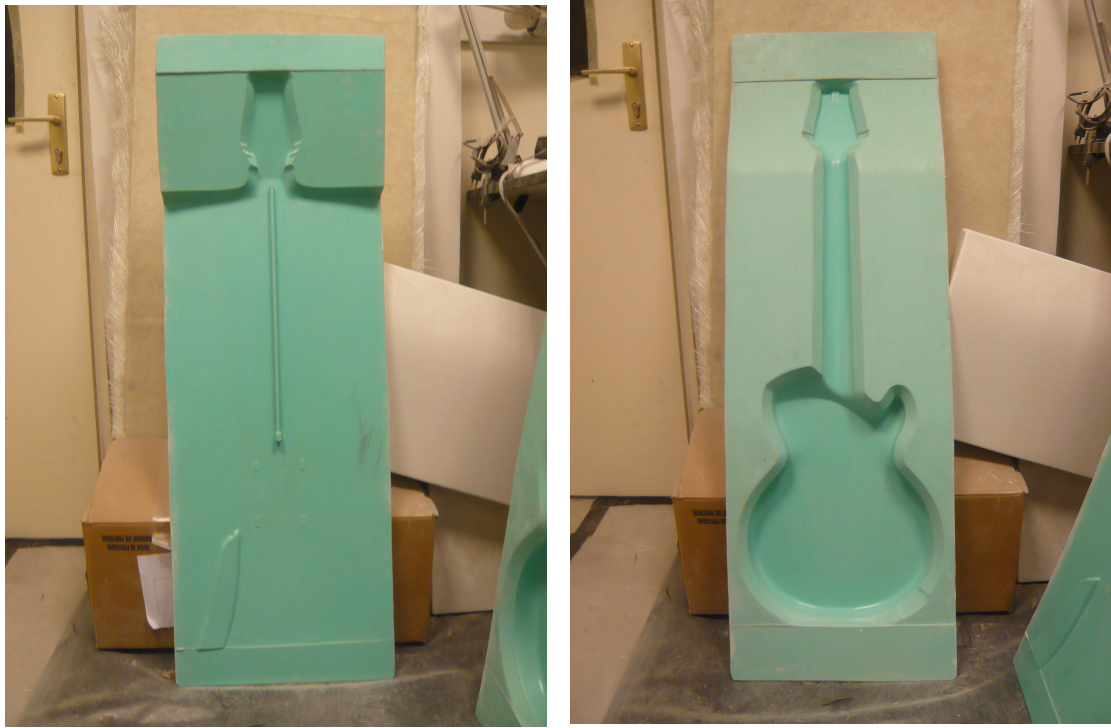


Figura 46 – Moldes em fibra de vidro

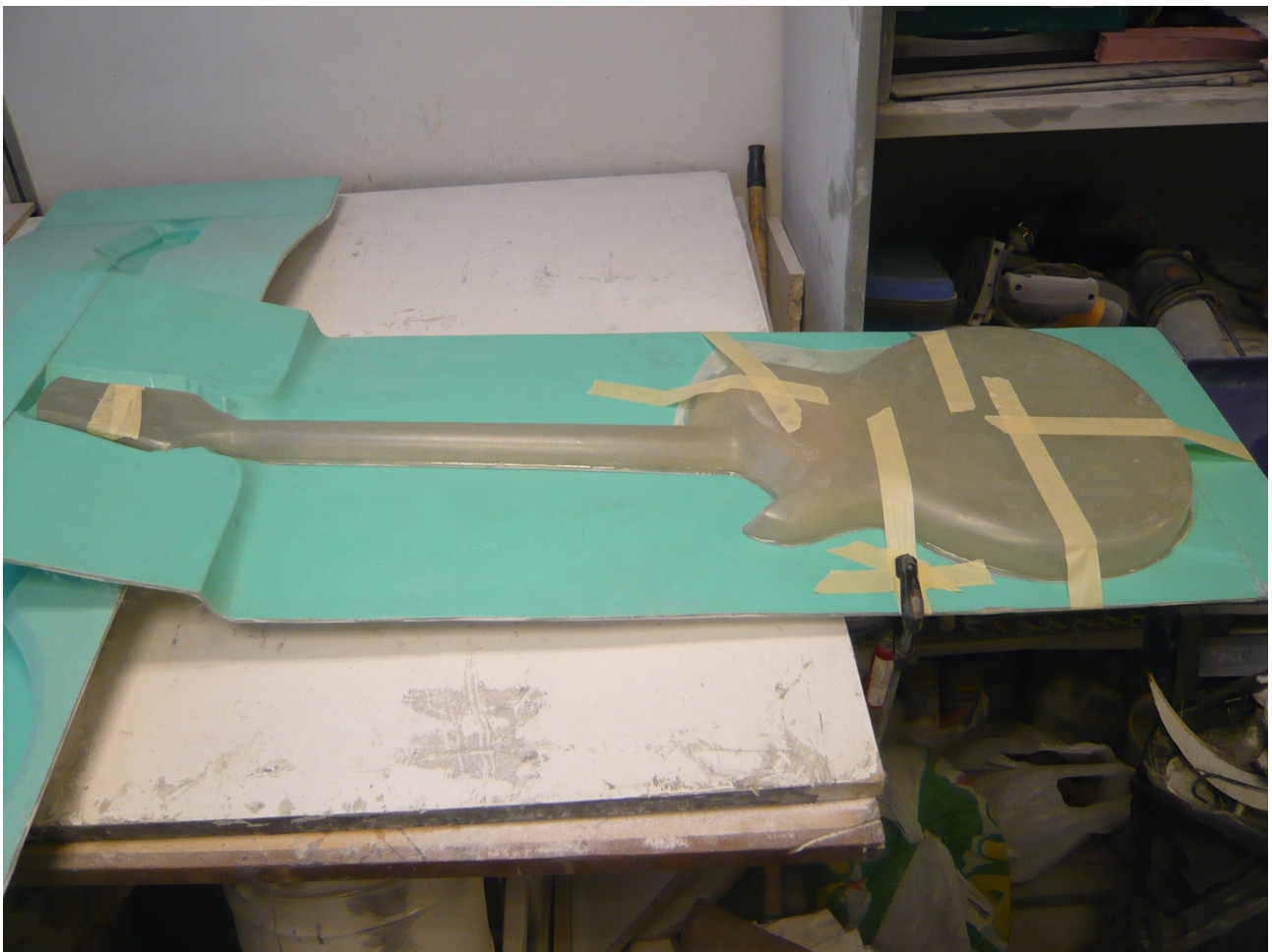


Figura 47 – Modelo de ensaio em fibra de vidro

Dado que se trata de um produto novo ainda numa fase de prototipagem, são definidas várias configurações diferentes ao nível de camadas de material e núcleos para posteriormente se escolher a mais adequada na fase de ensaios. A primeira configuração a ensaiar consistiu em:

2 camadas de fibra de carbono *twill* + 1 camada de fibra de vidro *twill* + 2 camadas de fibra de carbono *twill* (figura 48).

Os moldes são novamente encerados e prossegue-se à laminação das peças recorrendo à técnica atrás citada. Uma vez que se trata já de peças para produção, a cura é efectuada em vácuo a 800 bar de pressão de modo a melhor garantir a reprodução geométrica da superfície do molde. Para este tipo de cura, são utilizadas mais duas camadas de material de modo a garantir a eficácia do processo: uma camada de película desmoldante permeável à resina, que permite que a resina em excesso não deposite na superfície da peça, e uma camada de *breather*, que cria uma barreira permeável ao ar entre o desmoldante e o saco de vácuo, permitindo obter pressão homogénea ao longo de toda a peça.

Obtemos desta forma duas peças distintas: uma peça que corresponde às costas (figuras 49 e 50) e partes de trás do braço e da cabeça da guitarra e outra que corresponde à tampa e partes da frente do braço e cabeça. A estas duas peças são adicionados reforços internos em algumas zonas de maiores esforços e nas partes sujeitas a perfuração (como a zona de encaixe da ponte e do *tailpiece* e a zona dos afinadores). As duas peças são posteriormente coladas e cortadas de modo a formarem o corpo completo do modelo da guitarra, sendo de seguida abertos os rasgos necessários para o encaixe da electrónica e efectuados os furos para o encaixe do *hardware*.

Paralelamente ao desenvolvimento do corpo da guitarra, é criada também por laminação a escala que será posteriormente aplicada no braço e na qual serão cravados os trastos (figura 51). Esta escala, de 24.5 polegadas e 22 trastos, é construída em fibra de carbono maciça recorrendo para tal à sobreposição de 21 camadas de fibra. A peça curada é depois submetida a corte em mesa de serra rotativa de disco de 0.6 mm. O seu posicionamento na mesa é feito com auxílio de um pino de marcação de modo a executar os cortes para os trastos com a devida precisão. A figura 52 ilustra a guitarra pronta para aplicação de dispositivos e acabamentos.

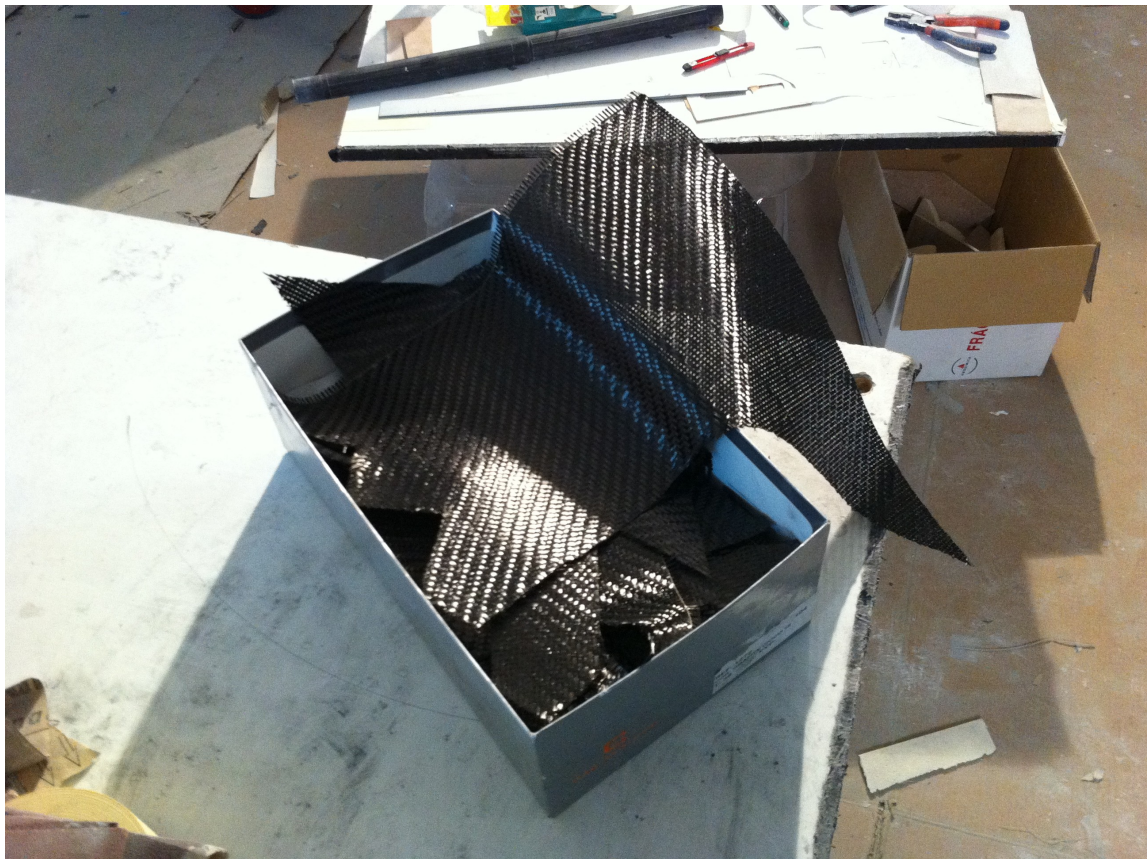


Figura 48 – Fibra de carbono twill

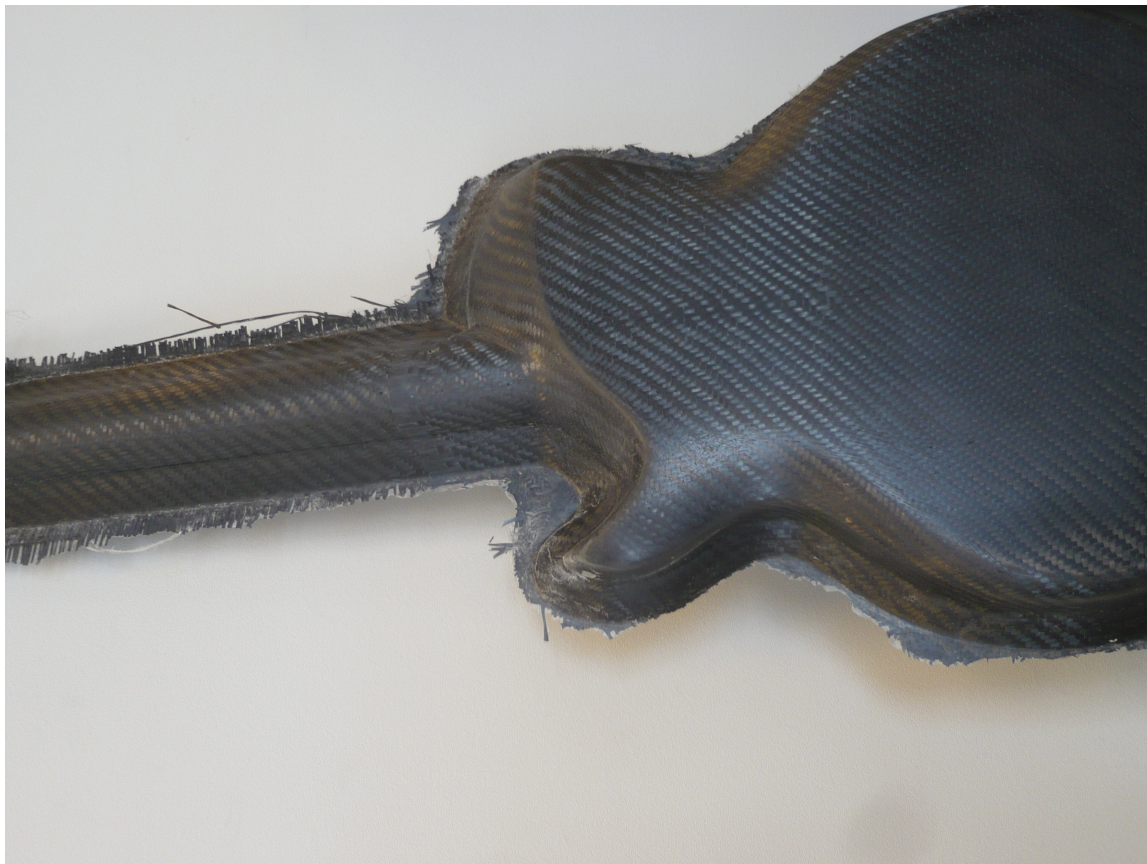


Figura 49 – Peça das costas em fibra de carbono



Figura 50 - Peça das costas pós-desmoldagem



Figura 51 – Camadas de fibra pré-cortadas para a construção de escalas



**Figura 52** - Corpo da guitarra completo antes dos cortes para hardware e electrónica

## 6.1.2 PRODUÇÃO DA PEÇA PARA A ELECTRÓNICA

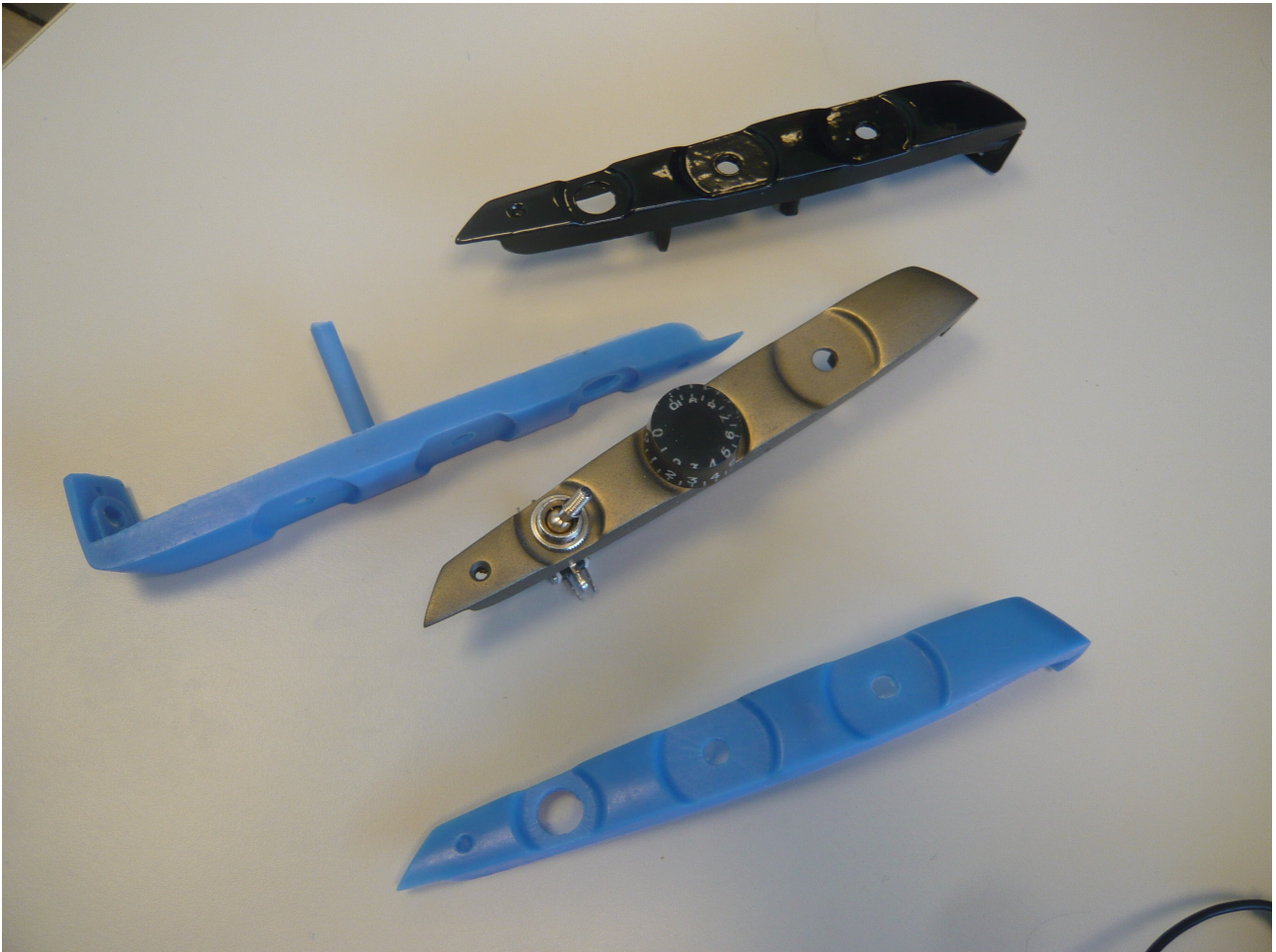
A peça para a electrónica teve dois momentos de produção distintos. Numa primeira fase, foram produzidas algumas peças em diferentes materiais no INEGI (Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial) recorrendo a uma técnica designada por “fundição por cera perdida”. Esta técnica foi utilizada pois adequa-se idealmente à produção de séries pequenas de peças de pequenas dimensões, sendo muito utilizada para a produção de peças de joalheria.

A técnica da fundição por cera perdida consiste basicamente em (Pompei, 2010):

- Uma peça esculpida ou reproduzida em cera é agrupada no que chamamos "árvore", ou seja, um bastão central de cera (caule) ao qual se unem todas as peças, fixadas por meio de um gito (tronco).
- Essa "árvore" será colocada num recipiente e preenchido com gesso.
- O gesso é endurecido e levado ao forno em alta temperatura. A cera derretida escorre para fora do gesso e têm-se um molde interno das peças. Actualmente tem sido utilizada a fundição a vácuo, onde a cera é também absorvida pelas paredes laterais do gesso.
- O metal líquido é injectado para dentro desse molde e o gesso é dissolvido em água.
- Surgem as peças de metal.

Foram produzidas peças em alumínio e em zamac (liga de alumínio, cobre, magnésio e zinco.) nas quais se testaram acabamentos lacados e anodizados (figura 53).

Estas peças foram em última instância rejeitadas devido a dois motivos. Em primeiro lugar, os componentes da electrónica não apresentavam folga suficiente para uma correcta operação, sendo que alguns ficavam até em contacto constante com a superfície lateral da peça. O outro motivo prende-se com a qualidade de superfície obtida através deste processo, que não se mostrou suficientemente satisfatória.



**Figura 53** - Peças obtidas através de fundição por cera perdida e respectivos modelos em cera.

Optou-se então por produzir a peça também em fibra de carbono (figura 54). Para tal, alterou-se o desenho de modo a haver mais espaço para acomodação dos componentes e fez-se um modelo em poliamida por sinterização laser (SLS) que serviu para obter os moldes.

Dada a geometria da peça, foi também produzido um contramolde em silicone de modo a garantir a geometria interior da peça. Este contramolde é encaixado no próprio molde depois da colocação da fibra, obrigando a que esta adopte a forma desejada. A peça obtida é posteriormente furada e testa-se o encaixe da electrónica antes de se proceder à fase de acabamentos.

A montagem da electrónica da peça foi desenvolvida pelo Núcleo de Microelectrónica do curso de Engenharia Electrotécnica da FEUP. A equipa desenhou um PCB adaptado ao desenho da peça de modo a que não fosse necessário soldar nenhum componente na fase de montagem.

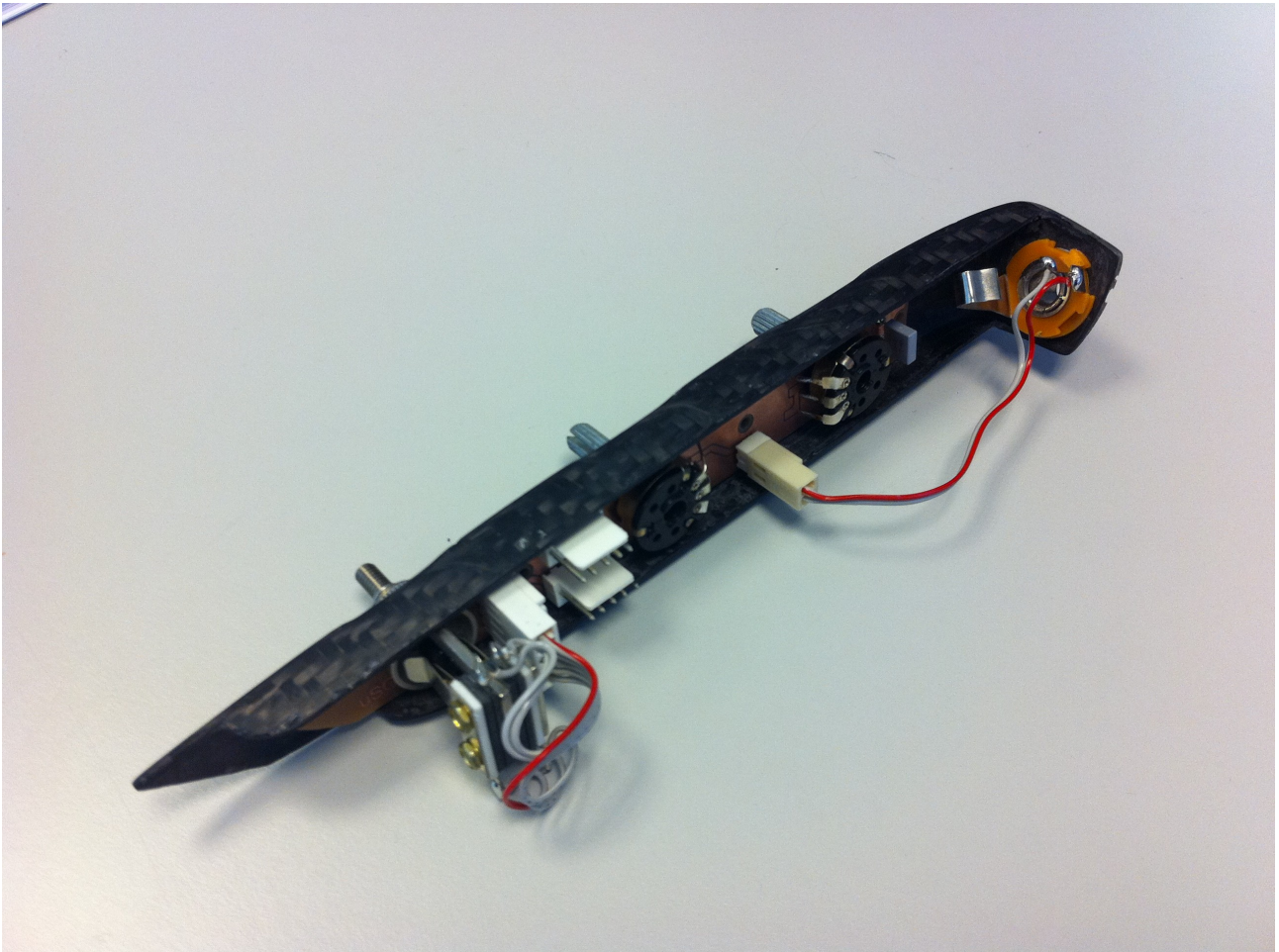


Figura 54 - Peça em fibra de carbono com PCB aplicado e electrónica montada

### 6.1.3 ACABAMENTOS DE SUPERFÍCIE

O fabrico em fibra de carbono nas condições a que se teve acesso requer algum trabalho de acabamento nas peças posteriormente à desmoldagem. A existência de bolhas de ar e de concentrações de resina em zonas críticas obriga a que as peças tenham que ser lixadas e muitas vezes é necessário corrigir pequenos defeitos com recurso a betume de poliéster. Tanto o corpo da guitarra como a peça para electrónica foram submetidos a estes processos de modo a obtermos peças com o melhor acabamento superficial possível. Concluída a fase de tratamento das superfícies, dá-se início à série de procedimentos que nos permitem obter o acabamento final das peças.

Com recurso a um compressor e a uma pistola de tinta, é aplicado primário de modo a tapar quaisquer poros na superfície (figura 55). O primário é lixado até obtermos um acabamento homogéneo e liso por toda a peça.

Estando o primário seco, é aplicada a pintura em duas demãos com tinta acrílica mate. As cores seleccionadas são retiradas da tabela RAL sendo aqui utilizadas a RAL 9001 *cream* e RAL 9005 *jet black* para o corpo e para a peça da electrónica (figura 56) respectivamente. Depois de pintadas, ambas as peças são submetidas a várias camadas de verniz e acabadas com lixas de acabamento entre demãos. Finalmente, as peças são polidas com massa de polimento de alto brilho.

Depois de todas as peças terem terminado o ciclo de cura dos vernizes, resta apenas montar os componentes electrónicos e as ferragens, A figura 57 ilustra a guitarra no seu aspecto praticamente finalizado.



Figura 55 – Aplicação de primário no corpo da guitarra



Figura 56 - Peça para electrónica após pintura



Figura 57 - Guitarra finalizada com a electrónica e hardware montados

## CAPÍTULO VII

---

## 7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Coincidindo o final do estágio com a concretização do primeiro protótipo final da guitarra, há diversas considerações tanto em termos pessoais e profissionais como relativas ao processo e ao próprio projecto que se obteve desta experiência.

Antes de mais, é importante referir que embora o objectivo principal do estágio tenha focado principalmente as questões relacionadas com o desenvolvimento do modelo de guitarra eléctrica, houve outros projectos nos quais houve participação do designer. Esses projectos, embora não documentados neste trabalho, contribuíram para uma melhor compreensão do papel do designer e do campo de acção que o seu trabalho compreende. Se os processos inerentes ao desenvolvimento da guitarra foram extremamente enriquecedores devido a acompanharem de todas as fases, desde a concepção ao produto final, estes projectos paralelos foram-no também pelo motivo oposto: por limitarem o campo de acção do designer a restrições pré-estabelecidas pelos clientes, pelas tecnologias, por orçamentos ou pelas metodologias adoptadas. Foi então extremamente valioso que durante o ano de estágio tenha havido exposição a ambos os tipos de metodologia projectual. Estes projectos, fora do âmbito do desenvolvimento da guitarra, são então brevemente apresentados nos anexos a este documento.

A realização deste estágio foi, do ponto de vista profissional, um desafio a vários níveis. Por um lado houve necessidade de trabalhar e articular conceitos teóricos a um nível bastante avançado, de modo a analisar e caracterizar o universo para que projectamos em termos históricos, estéticos, funcionais, conceptuais e semióticos. Por outro lado, em termos práticos, as soluções elaboradas conceptualmente resultaram num trabalho de CAD de alta complexidade, que obrigou a um maior domínio das ferramentas utilizadas. Para além destas questões inerentes à formação, houve também o desafio de desenvolver o projecto no contexto de uma equipa multidisciplinar e de gerir todas as questões provenientes do ocasional choque entre as necessidades de cada campo.

A colaboração directa com a engenharia foi extremamente importante e permitiu uma enorme aprendizagem e uma visão muito mais ampla de todo o processo de desenvolvimento, contribuindo para uma grande evolução em termos de capacidade e qualidade projectual. O estágio permitiu então não só solidificar a formação e conhecimentos prévios como também adquirir novas competências essenciais para projectar correcta e eficazmente em design. A sua elaboração permitiu também ganhar experiência e responsabilidade profissional e uma maior capacidade para trabalhar em equipa.

Em termos de planeamento, os objectivos traçados no início do estágio foram cumpridos com sucesso. O projecto de desenvolvimento da guitarra foi extremamente interessante pois houve necessidade de articular conhecimentos e pesquisa de diversos campos diferentes e o próprio objecto é absorvido e avaliado no final sob diferentes perspectivas: a perspectiva do design, a perspectiva da engenharia, a perspectiva do músico e a perspectiva do mercado.

No que diz respeito ao design, este projecto permitiu uma enorme aprendizagem e evolução em termos de metodologias projectuais. É essencial que se tenha conhecimento profundo dos processos de produção e das capacidades dos materiais desde a fase conceptual. A colaboração constante com a engenharia foi importantíssima para que fossem claras as suas possibilidades e limitações e este factor foi determinante para o sucesso do projecto. Esta colaboração permitiu também ter contacto com novas e diferentes técnicas e materiais, muitas vezes por serem utilizadas como alternativas a processos que não cumpriam os requisitos necessários. Isto contribuiu para uma consciencialização de que o designer deve inteirar-se o melhor possível de todos os diferentes materiais e técnicas de produção e das suas limitações e mais-valias, pois muitas vezes a solução para um problema recorrente encontra-se precisamente no uso de uma técnica diferente ou de um outro material. Verificamos esta questão claramente na fase de desenvolvimento da peça para a electrónica: a técnica de fundição por cera perdida não só devolvia peças sem a precisão desejada como também, dados os materiais em que era desenvolvida (alumínio e zamac), impossibilitava a correcção de determinadas falhas recorrendo a trabalho de acabamentos. A solução desejada de maquinação de um molde para fundição também se revelava pouco atractiva para esta fase devido aos custos, a questão resolveu-se então ao fabricar a peça também em fibra de carbono: verificam-se também algumas imprecisões mas o material já permite que com o trabalho de acabamentos se chegue a um resultado satisfatório.

O trabalho de design em termos estéticos foi também muito gratificante. Como foi referido na introdução, o objectivo passava por desenhar um instrumento que respeitasse os desenhos tradicionais dos anos 50 mas que ao mesmo tempo tivesse uma linguagem própria e identificável. Desenhar um modelo que cumprisse estes dois requisitos revelou-se um desafio interessantíssimo que acreditamos ter tido um resultado final bastante satisfatório. Muito enriquecedor foi também trabalhar as linhas do primeiro modelo para desenhar o segundo modelo e a mala, pois obrigou a uma auto-análise e a uma clara definição da linguagem estética de modo a conseguir criar uma ligação entre todos os modelos.

O modelo desenhado está neste momento já prototipado e prevê-se a criação de mais dois protótipos para se testar a influência do número de camadas de fibra do corpo e para proceder à fase de experiências em termos de som. Há ainda pequenos detalhes a corrigir nos processos de produção mas pode-se afirmar que o primeiro protótipo está desde já validado.

O estágio foi uma experiência de extremo valor em termos de formação pessoal e profissional e os resultados atingidos foram muito satisfatórios. O designer encontra-se neste momento efectivo na empresa *Ideia.m*, cumprindo as funções de designer de produto na *Ideia.m* e de *brand manager* e designer para a marca criada para os instrumentos musicais: a *AVA Carbon Sound Dynamics*.

## CAPÍTULO VIII

---

## 6.1 BIBLIOGRAFIA

Dorfles, G. (1991) *O Design Industrial e a sua estética (3ª edição)*. Lisboa: Editorial Presença.

French, Richard M. (2009) *Engineering the Guitar – Theory and practice (1ª edição)*. Nova Iorque: Springer Science+Business Media.

Koch, M. (2001) *Building Electric Guitars (edição online)*. Retirado em 23 de Novembro de 2009 em <http://www.buildyourguitar.com/books/beg/index.php>

Atkin, D. (2004). *The Culting of Brands: When Customers Become True Belivers*. USA: Penguin Books Ltd.

Denis, R. C. (1998). *Design, Cultura e a fetichização dos objectos*. Manchester: Manchester university Press.

Solomon, M. R. (2002). *O comportamento do consumidor: comprando, possuindo e sendo*. Porto Alegre: Bookman.

Burdek, Bernhart E. (2005). *Design – History, theory and practice of product design*. Alemanha: Publishers for Architecture

F.S. de Moura, M., B. de Moraes, A., G. de Magalhães, A. (2005) *Materiais Compósitos – Materiais, Fabrico e Comportamento Mecânico*. Porto, Publindústria

Music USA, NAMM Global report, 2006

YAMAHA corporation, Analyst and Investor Briefing on the first Half of the Fiscal Year Ending, 31<sup>st</sup> March 2008 March 31

2007, Musical Instrument Manufacture, First Research, Inc, November 26

Arntzen, Charles J., (1994) ed. *Encyclopedia of Agricultural Science*. Orlando, FL: Academic Press: 549-561. Vol. 4. October

Márcia Pompei (2010), *Fundição por cera perdida*, retirado em 20 de Outubro de 2010 em <http://www.joia-e-arte.com.br/cera.htm>

## 6.2 LISTA DE TABELAS E FIGURAS

<b>Gráfico 1</b> - Distribuição por países das vendas de instrumentos musicais em 2005.....	20
<b>Tabela 1</b> - Distribuição de guitarras eléctricas vendidas nos EUA, por gama de preços, no ano de 2005.....	21
<b>Tabela 2</b> - Marcas de Fabricantes de guitarras e respectivas gamas de preços.....	22
<b>Tabela 3</b> - Vantagens da tecnologia sob diferentes perspectivas.....	24
<b>Figura 1</b> - Gibson Les Paul Standard.....	27
<b>Figura 2</b> - Levantamento de diversos modelos de guitarra eléctrica.....	27
<b>Figura 3</b> - Moodboard.....	29
<b>Figura 4</b> - Esquisso da peça para a electrónica.....	29
<b>Figura 5</b> - Sketch 2d da silhueta do desenho final a desenvolver.....	32
<b>Figura 6</b> - Evolução da volumetria e superfícies do tampo.....	32
<b>Figura 7</b> - Superfície inicial para o trabalho das (superfície posterior) costas da guitarra.....	34
<b>Figura 8</b> - Pormenor do desenvolvimento da superfície das costas #1.....	34
<b>Figura 9</b> - Pormenor do desenvolvimento das costas #2.....	35
<b>Figura 10</b> - Pormenor do desenvolvimento da superfície das costas #3.....	35
<b>Figura 11</b> - Desenho de uma cabeça Gibson Les Paul.....	37
<b>Figura 12</b> - Desenho de exploração da cabeça #1.....	37
<b>Figura 13</b> - Desenho de exploração da cabeça #2.....	38
<b>Figura 14</b> - Desenho final da cabeça.....	38
<b>Figura 15</b> - protótipo em MDF.....	39
<b>Figura 16</b> - Modelo CAD exploratório para a peça para electrónica.....	40
<b>Figura 17</b> - Modelo CAD da peça para a electrónica #1.....	41
<b>Figura 18</b> - Modelo CAD da peça para a electrónica #2.....	41
<b>Figura 19</b> - processo de desenho da peça para a electrónica: a peça e os componentes.....	43
<b>Figura 20</b> - Imagem foto-realista do primeiro modelo #1 (branco + cromado).....	44
<b>Figura 21</b> - Imagem foto-realista do primeiro modelo #2 (branco+cromado).....	45
<b>Figura 22</b> - Imagem foto-realista do primeiro modelo #3 (branco+cromado).....	46
<b>Figura 23</b> - Imagem foto-realista do primeiro modelo #4 (branco+cromado).....	47
<b>Figura 24</b> - Exemplos de malas de transporte de instrumentos à venda presentemente.....	50
<b>Figura 25</b> - Esquissos para a mala de transporte.....	50
<b>Figura 26</b> - Primeiro modelo para a mala de transporte.....	52
<b>Figura 27</b> - Modelo com pega.....	52
<b>Figura 28</b> - Modelo final.....	53
<b>Figura 29</b> - Interior da mala de transporte (acabamento em fibra de carbono).....	54
<b>Figura 30</b> - Fender Stratocaster.....	57
<b>Figura 31</b> - Esquissos para contornos do modelo #2.....	59
<b>Figura 32</b> - Esquissos para tampas de acesso do modelo #2.....	59

<b>Figura 33</b> – Esquissos para linhas de tampa e rebaixo do modelo #2.....	60
<b>Figura 34</b> – Modelo CAD da volumetria geral do novo modelo.....	62
<b>Figura 35</b> – Modelo exploratório para a tampa do novo modelo #2.....	62
<b>Figura 36</b> – Modelo final da tampa de acesso frontal.....	63
<b>Figura 37</b> – Tampa de acesso a cobrir o tampo e as costas da guitarra.....	64
<b>Figura 38</b> – Modelo das costas da guitarra antes do trabalho de superfícies.....	65
<b>Figura 39</b> – Modelo das costas da guitarra com desenho novo para tampa e trabalho de superfícies.....	65
<b>Figura 40</b> – Protótipo em madeira de MDF comparado a um modelo Stratocaster.....	66
<b>Figura 41</b> – Imagem foto-realista do segundo modelo #1.....	67
<b>Figura 42</b> – Imagem foto-realista do segundo modelo #2.....	68
<b>Figura 43</b> – Modelo maquinado em poliuretano de baixa densidade com topcoat de epóxico .....	71
<b>Figura 44</b> – Aplicação de gel coat de epóxico no modelo.....	72
<b>Figura 45</b> – Laminação com fibra de vidro.....	73
<b>Figura 46</b> – Moldes em fibra de vidro.....	74
<b>Figura 47</b> – Modelo de ensaio em fibra de vidro.....	74
<b>Figura 48</b> – Fibra de carbono twill.....	76
<b>Figura 49</b> – Peça das costas em fibra de carbono.....	76
<b>Figura 50</b> – Peça das costas pós-desmoldagem.....	77
<b>Figura 51</b> – Camadas de fibra pré-cortadas para a construção de escalas.....	78
<b>Figura 52</b> – Corpo da guitarra completo antes dos cortes para hardware e electrónica.....	79
<b>Figura 53</b> – Peças obtidas através de fundição por ceras perdidas e respectivos modelos em cera.....	81
<b>Figura 54</b> – peça em fibra de carbono com PCB aplicado e electrónica montada.....	82
<b>Figura 55</b> – Aplicação de primário no corpo da guitarra.....	84
<b>Figura 56</b> – Peça para electrónica após pintura.....	85
<b>Figura 57</b> – Guitarra finalizada com a electrónica e hardware montados.....	86

## 6.3 ANEXOS

### LINKS:

[www.avaguitars.com](http://www.avaguitars.com)

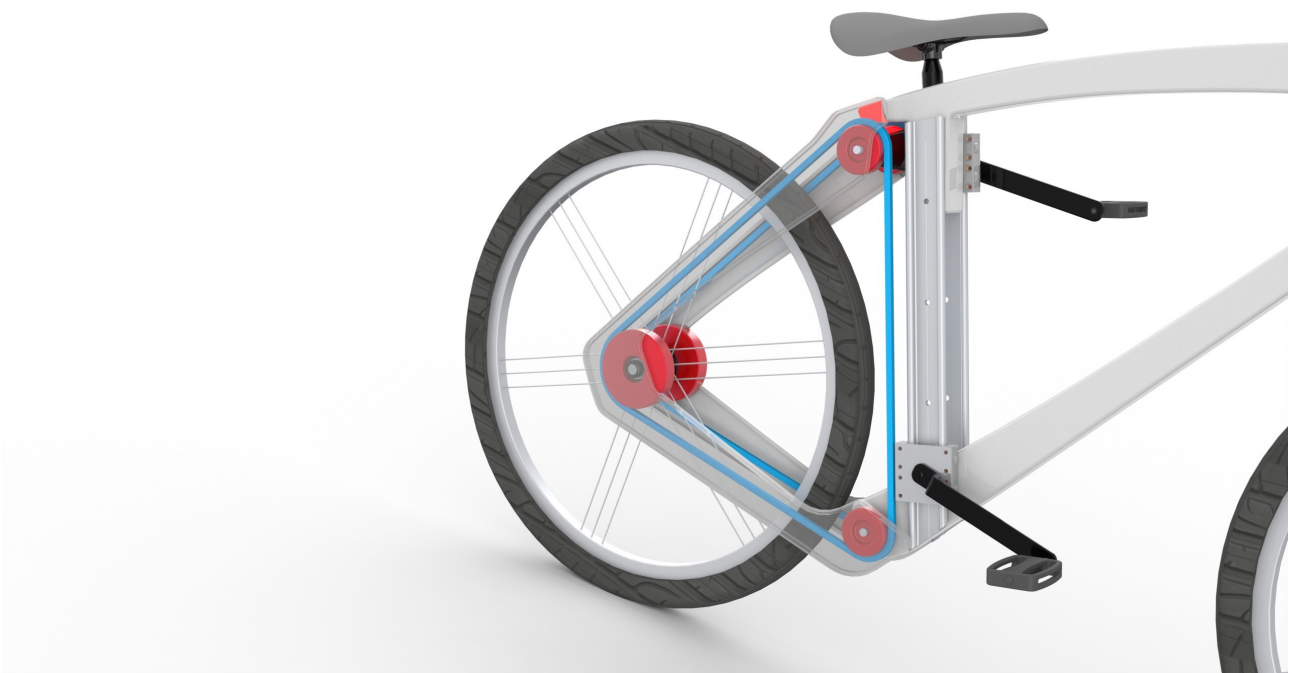
[www.ideiam.com](http://www.ideiam.com)

### OUTROS PROJECTOS DESENVOLVIDOS:

- Concept para bicicleta de movimento linear em desenvolvimento em parceria com a FEUP.



Linebike 01



Linebike 02

- Concept interno para aeronave ultraligeira para dois passageiros:



ultralight aircraft 01

ultralight aircraft 01

