



# BICICLETA SENNA



# BICICLETA SENNA

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
FAAC – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação

Bauru – 2015

# BICICLETA SENNA

Autor: Daniel Guedes F. Dionizio – RA: 1030851  
Orientação: Prof. Dr. Cláudio Roberto y Goya  
Banca de Avaliação: Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli e  
Prof. Dr. Osmar Vicente Rodrigues

## Agradecimentos

Às muitas pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, com o desenvolvimento e conclusão desse projeto e com tudo o que se passou até o momento. Não gostaria de fazer apenas um agradecimento coletivo, assim senti a necessidade de citar os nomes.

Aos amigos com os quais morei junto por alguns anos aqui em Bauru, formando o “pessoal do Geisel”, o “Coletivo Garagem”, a “Rep. Desmanche” e a “Rep Cativoiro”. Traduzindo em nomes: Cícero, Felipe, Isaac, Léo e Raul. Com eles pude formar o que é comumente chamado de segunda família. Rimos, conversamos, nos ajudamos, aprendemos muito, entre tantas coisas que seriam inúmeras palavras para descrever. Alguns foram embora, há quem não esteja mais presente em minha vida e outros apenas mudaram de endereço. Nesse último, eu me incluo, nova casa, novas pessoas: Caique e Victor. A Karina, com quem pude contar ao pedi-la que me ajudasse de última hora e ela aceitando.

Ao corpo docente da UNESP, que tanto ensinaram, auxiliaram e proporcionaram conversas que mostraram novos caminhos e conhecimentos. O Prof. Dr. Goya, com o qual pude conviver um pouco mais, seja orientando em projetos (inclusive esse) ou estando na sala ao lado no Departamento de Design, e ajudando na construção do carnaval na Coroa Imperial. O Prof. Dr. Paschoarelli pela disciplina de Ergonomia, de extrema importância, que foi a responsável pelo início do projeto aqui apresentado. O Prof. Dr. Osmar pela grande ajuda que deu ao indicar possibilidades, formas de construção e materiais. Todos sempre atenciosos e dispostos.

Aos meus pais que tanto me apoiaram e me instruíram em decisões importantes da minha vida. Aos vários e duradouros telefonemas que fazia a eles, sempre prontos a ouvir.

A todos os amigos e colegas que estiverem presentes e tornaram melhores os dias.

## Introdução

8 História Pessoal, Contextualizando

## Primeiro Projeto: Bamboolight

12 O que é BMX

12 Caloi Cross Extralight e o E.T.

12 Objetivos

15 Estudos, materiais, produção e encerramento

## A Retomada

## Segundo Projeto: Bicicleta Senna

26 Por que Ayrton Senna?

28 Definindo Parâmetros

29 Ergonomia

33 Estabelecendo a Forma e Modelagem 3D Virtual

40 Construindo o Modelo Real

43 Conceitos e Materiais para uma Produção Real

46 Proposta de Montagem Final

49 Conclusão

## Referências

54 Apêndice A



## História Pessoal, Contextualizando

Por que bicicleta?

Vindo de mim, já era esperado que o tema do trabalho de conclusão de curso teria a ver com rodas, duas ou quatro. Uma das minhas características é o gosto pela história contemporânea e por tudo aquilo que carrega o contexto social e político de uma época. Tudo pode carregar essas representações, mas quero chegar ao ponto do objeto. Como objeto, os que me remetem ao passado são os automóveis. No entanto, a bicicleta possui um convívio maior, mais direto e sempre presente em minha vida, de modo a carregar memórias de vários momentos e épocas particulares.

Na infância, quando ainda morava em São Paulo, eu passava as tardes pós-escola na casa da avó Mercedes, sendo cuidado por ela, enquanto meus pais trabalhavam. Lá, além do meu avô Quincas, também morava meu tio mais novo, o Clayton, naquela época conhecido como Japa. Ele trabalhava numa bicicletaria, mas parte do serviço era feito no quintal de casa, onde era sempre cercado de peças, bicicletas e ferramentas. Apesar de indiretamente, eu conviver com aquele meio, sempre observando tudo o que chegava, como se faziam tais montagens e consertos, ia conhecendo modelos e um pouco de mecânica. Ouvia aventuras como a saída dele para pedalar pela Serra da Cantareira, sem avisar ninguém, e da vez em que quebrou a perna praticando BMX.

Em 1995 ganhei dos meus pais minha primeira bicicleta (figura um) e, apesar de toda essa influência, fui aprender a pedalar relativamente tarde, quando já tinha sete anos de idade. Desde então, as duas rodas nunca mais saíram da minha vida. Assistia televisão, via séries e programas de esportes que me fizeram ficar ainda mais envolvido no meio, em especial no BMX Freestyle. Colocava uma prateleira velha de estante no corredor de casa e usava como rampa, as quais,

tempo depois de me mudar para Atibaia, passaram a ser construídas com terra (figura dois). Conheci profissionais do esporte, como o Marcos Coyote (figura três) e o Marcos “Pig” Paulo de Jesus (figura quatro), esse último que sempre foi minha inspiração no Flatland, treinava quase que diariamente, participei de algumas competições (figura cinco) e sempre tive o apoio e ajuda dos meus pais, porém hoje é apenas um hobby. O gosto era tão grande que meu primeiro emprego foi numa bicicletaria, como mecânico e montador.

Ao ser aprovado no vestibular da UNESP, em 2010, mudei-me para Bauru. Nessa cidade, logo percebi que a bicicleta seria meu meio de transporte diário, devido a carência do transporte público, com poucos horários. Hoje, cinco anos depois, continua sendo. Foi a melhor escolha, pois financeiramente economizei, me locomovia com mais velocidade de um ponto a outro, melhorei meu preparo físico, entre tantos outros benefícios. Consequente a tudo isso, chegava a ser quase “obrigatório” ter como tema a bicicleta.



Fig. 1: Daniel com a primeira bicicleta, em dezembro de 1995 | Fig. 2: Daniel com a rampa caseira, em 2001, início da paixão pelo BMX.  
Fig. 3: Da esquerda para a direita, Arthur (irmão de Daniel), Marcos Coyotote, Mario Maimone (amigo de infância) e Daniel, em 2004.  
Fig. 4: Marcos "Pig" Paulo de Jesus e Daniel, em 2004 | Fig. 5: Daniel em sua segunda competição, em dezembro de 2005.

## O que é BMX

Antes do relato deste primeiro projeto é necessário passar resumidamente pelo que é BMX, que tanto foi comentado na introdução.

BMX é sigla de Bicycle Moto Cross, no Brasil também conhecido como BiciCross. É um esporte que surgiu na Califórnia, na década de 1960, quando jovens com suas bicicletas imitavam os pilotos de MotoCross. Sua definição e popularização veio nos anos 1980, mesma época em que chegou ao Brasil. Com o passar dos anos, duas subdivisões surgiram, a Race e o Freestyle. Dentro do Freestyle há várias vertentes, como o Street, Dirt, Vert, Flatland, entre outros. A primeira metade da década de 1990 pode ser considerada um dos melhores momentos para o cenário do BMX nacional, pois foi quando patrocínios estavam em alta, surgiram novas fábricas de bicicleta, havia divulgação na mídia, apresentações e competições.

## Caloi Cross Extralight e o E.T.

A Caloi foi uma das grandes responsáveis pela popularização do BMX no Brasil, ao ser pioneira em lançar modelos voltados ao esporte. A bicicleta mais icônica, que fez jovens sonharem, é a famosa Extralight (figura seis), lançada em 1983, logo em seguida ao filme E.T. – O Extraterreste. A Extralight era um modelo copiado da Kuwahara (figura sete) que aparecia no filme, inclusive utilizando componentes japoneses de alta qualidade, inovadora no mercado nacional nesse quesito, com o abundante uso de alumínio. Isso rendeu o apelido de “Caloi E.T.”.

Hoje a Extralight é lembrada com carinho e nostalgia, seja pela importância dela

no esporte ou por ter sido sonho de consumo em sua época. Colecionadores a valorizam muito por esses motivos e também por ter se tornada rara. Exemplares em perfeito estado alcançam até R\$ 6 mil.



Fig. 6: Caloi Extralight 1983 | Fig. 7: Kuwahara E.T.

## Objetivos

O projeto Bamboolight, visava reproduzir essa história com forte referência, como pode ser notado pelo nome adotado. A intenção estava em fazer uma bicicleta para a prática de BMX, mais especificamente o Freestyle Flatland. Os quesitos importantes que deveriam estar presentes eram: resistência material, leveza e identidade visual que remetesse ao modelo de 1983, assim aliando inovação, funcionalidade e nostalgia.

Além da Caloi Extralight, outra referência é a pequena fabricante paulista, a Master Bikes (figura oito), fundada em 1993 e voltada ao esporte. Ainda hoje mantém a produção quase artesanal, sempre tendo a preocupação em construir os quadros com a melhor qualidade de material e solda, sendo uma das melhores marcas nacionais, conhecida internacionalmente e que serviu de inspiração para outros pequenos fabricantes que vieram depois. Apesar de toda importância quanto à qualidade, não há investimento em inovação material, sendo sempre mantido o metal. Então, seria seguir a filosofia da empresa, a geometria do quadro, mas adicionando a inovação (figura nove).

Qual material está sendo empregado recentemente em bicicletas e se mostrando funcional? Qual ainda não foi testado dentro do BMX? O que poderia aliar resistência, leveza e o nível necessário de maleabilidade? Resposta: o bambu! Pronto, assim estava definido o material e o nome do projeto. A Bamboolight estava para nascer.



Fig. 8: Quadro Master Bikes, modelo Sampa. Toda a geometria do projeto o tem de referência.

Pode-se perceber que desse projeto, até o momento, está tudo sendo relatado no passado, conjugado no pretérito imperfeito. Isso porque se mostrou um caso de insucesso a partir do momento de estudo e aplicação do material, principalmente na produção do protótipo.

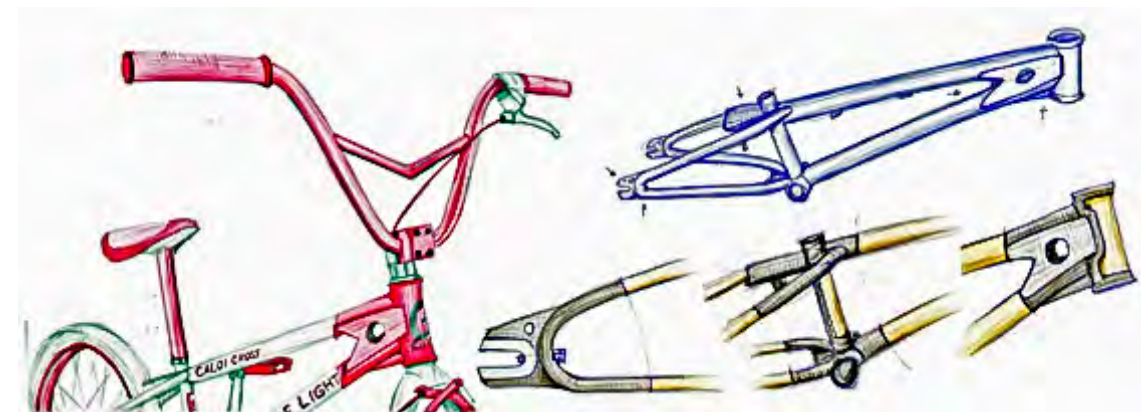


Fig. 9: Primeiros desenhos com a geometria da Sampa e identidade da Extralight, já com pontos de aplicação de forças pensados.

## Estudos, materiais, produção e encerramento

Cogitou-se a utilização do bambu in natura, que logo se mostrou desinteressante. Essa bicicleta não seria para uso convencional, mas sim para a prática do esporte, o que obriga ter um perfeito alinhamento, boa distribuição de peso e resistência contra forças de torção em diversos sentidos. Os nós do bambu eram um ponto crítico, onde poderia ser rompido, principalmente se fosse torneado, o que o afinaria. A forma como quebraria seria perigoso ao atleta por formar lascas que poderiam feri-lo.

Com a forma in natura descartada, mais pesquisas foram feitas. O passo seguinte foi consultar o Bambu Taquara (projeto de extensão da UNESP de Bauru), onde pode ser vista a possibilidade de construir um compensado de bambu e, a partir dele, os tubos. O problema da resistência estaria resolvido, porém o peso seria excessivo, tornando inviável, pois tiraria qualquer vantagem que teria sobre os metais já utilizados.

Mais pesquisas feitas e uma luz: o tubo feito a partir do laminado do bambu. A China comercializa tubos prontos feitos a partir do laminado de bambu (figura 10), destinados principalmente à construção de bicicletas artesanais, mas o espaço livre interno é pequeno, tornando-o desnecessariamente pesado, e visualmente mal acabado. A melhor solução encontrada foi a produção de tubos através da dobra do laminado, em forma hexagonal.



Fig. 10: Tubos prontos vendidos na China.

Essa solução do tubo hexagonal surgiu ao pesquisar bicicletas prontas de bambu. Nos EUA, o pequeno fabricante Hero Bike (figura 11) desenvolveu o

processo, constituindo no seguinte: a partir do laminado de Golden Bamboo, são feitos cortes em baixo relevo, que são os espaços necessários para dobrá-lo e formar o tubo, e as dobras são coladas com resina própria para o material. Para aumentar a resistência contra torção e diminuir as vibrações, é colocado um reforço interno feito com uma ou duas camadas de fibra de carbono (figuras 12, 13 e 14).



fig. 11: Quadro Hero Bike, feito em laminado de Golden Bamboo.



Figs. 12 e 13: Processo de montagem do tubo hexagonal a partir do laminado de bambu e o reforço interno em fibra de carbono.

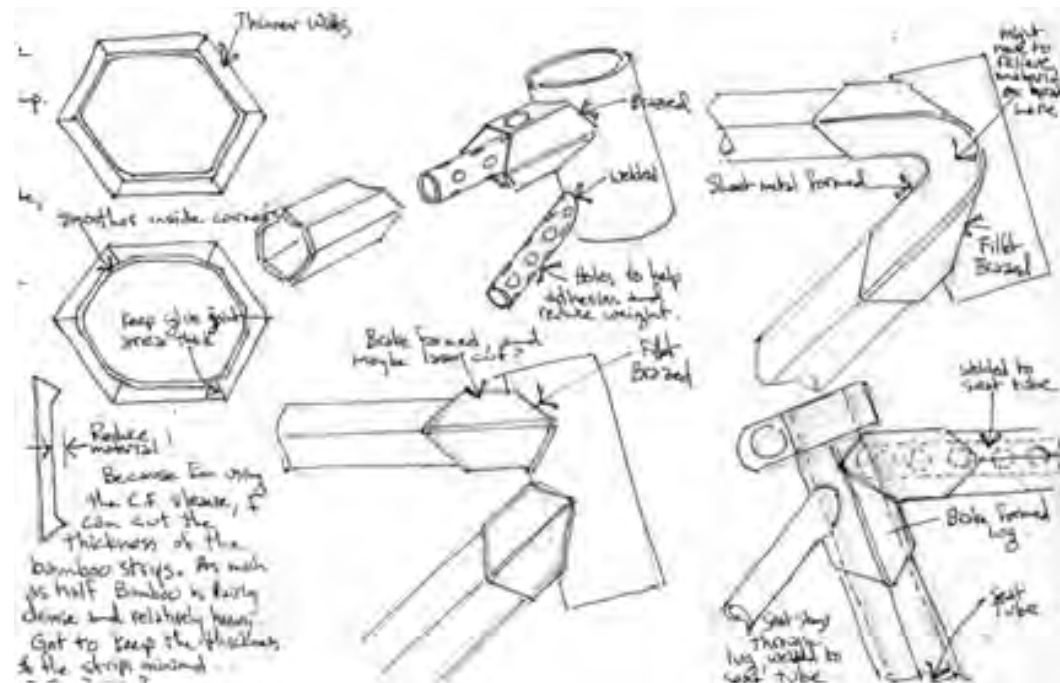
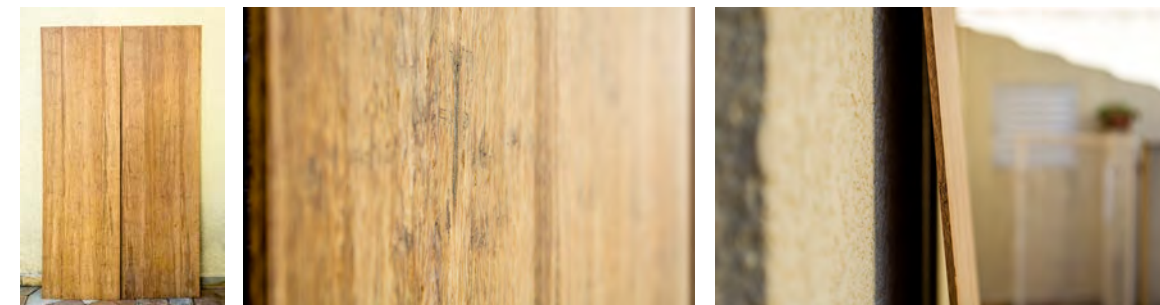


Fig. 14: Desenho do processo de encaixe do metal no bambu da Hero Bike.

As bicicletas produzidas pela Hero Bike são destinadas a transporte e lazer, portanto não tendo a mesma exigência de uma bicicleta para a prática do BMX Flatland, que apesar de quase não haver impactos, é necessária muita resistência contra quebras por torção. Pessoalmente foram feitas pesquisas de informações quanto à resistência, no Bambu Taquara, não obtendo nenhuma resposta. Foi indicado a consultar o Professor Doutor Marco Antonio dos Reis Pereira (do departamento de Engenharia Mecânica da UNESP de Bauru), o que não foi possível por conflitos de horários e compromissos. Por estudos próprios realizados pelo Daniel (autor do projeto desenvolvido aqui relatado), acredita-se que ao utilizar o laminado com quatro milímetros de espessura e reforçar com duas camadas de fibra de carbono, três camadas nos tubos que sofrerão maior exigência, será o suficiente.

Decidido pelo tubo a partir do laminado, o passo seguinte foi a compra de duas placas de laminados de bambu, pelas quais foram pagos R\$ 174,79 no total. A placa encontrada é produzida e comercializada pela NeoBambu (figuras 15, 16 e 17), localizada em Santo Amaro, em São Paulo. As medidas da placa são 2500,0 x 430,0 x 4,0 mm, pesando apenas 600 gramas. Por algumas contas, uma única placa seria o suficiente para a produção de todos os tubos do quadro. Somado o peso dos tubos e das juntas, estima-se que o produto final pesaria menos de 1,5 kg, o que é excelente, pois os quadros oferecidos no mercado variam de 1,5 a 2,3 kg, tornando nítida a vantagem do bambu.



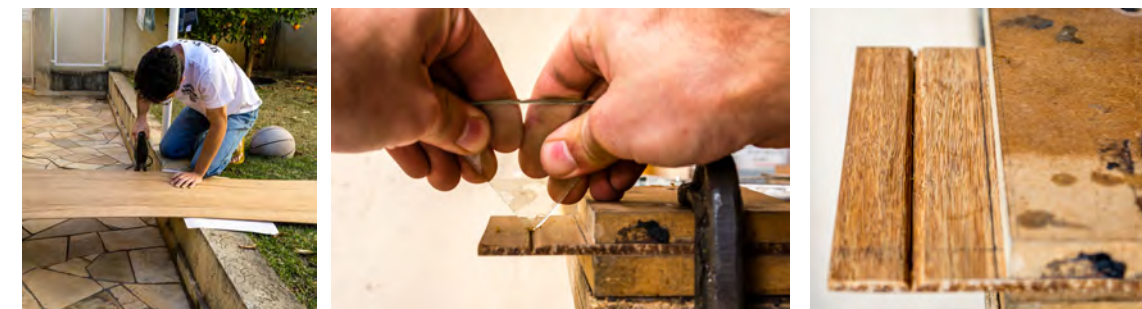
Figs. 15, 16 e 17: Laminado vendido pela NeoBambu.

Após a compra da placa, foram estudadas as geometrias e dimensões dos quadros de bicicletas de BMX Flatland para fazer os tubos hexagonais. Com as medidas definidas, buscaram-se canos de PVC cujo diâmetro interno poderia ser utilizado como “amarração” na construção dos tubos. Cada lado do hexágono deveria ter 21,5 mm e 43,0 mm de distância entre os vértices opostos (figura 18). Tudo definido, pode-se então partir para os testes de corte e dobra do laminado.



Fig. 18: Cálculos, esboços e definição das medidas dos tubos.

O início do teste constituiu em cortar duas placas de 130,0 x 130,0 mm do laminado. Em uma, o corte foi feito em sentido longitudinal, acompanhando o sentido dos veios; em outra, o segundo corte foi feito em sentido transversal, ou seja, cruzado com o sentido dos veios. Esses cortes foram realizados através de serra tico-tico manual e serra manual, e ângulo de 60 graus feito com lima triangular, lixa e caco de vidro (figuras 19, 20 e 21).



Figs. 19, 20 e 21: Da esquerda para a direita: corte das placas de teste, execução do corte de 60 graus, conclusão do corte.

No primeiro teste, a dobra foi feita aquecendo o laminado no fogão (figura 22), bem próximo à boca. Em partes foi bem sucedido, pois permitiu a dobra, porém o calor gerou trincas. No segundo teste, a tentativa foi deixando a placa mergulhada em água fervida, depois pressionando sobre as chamas do fogão. O resultado foi melhor, mas ainda não satisfatório. No terceiro e último teste, a placa foi preparada para o subsequente mergulho em acetona (figura 23), pois a reação dela amoleceria a resina do laminado, porém o resultado foi semelhante ao teste anterior. A conclusão indicou que não seria possível dobrar a placa, sendo necessário cortar em seis ripas individuais e depois uni-las em ângulos para formar os tubos.

Pela precisão exigida nos cortes, não seria possível fazer manualmente, principalmente por conta do comprimento dos tubos. A solução foi recorrer



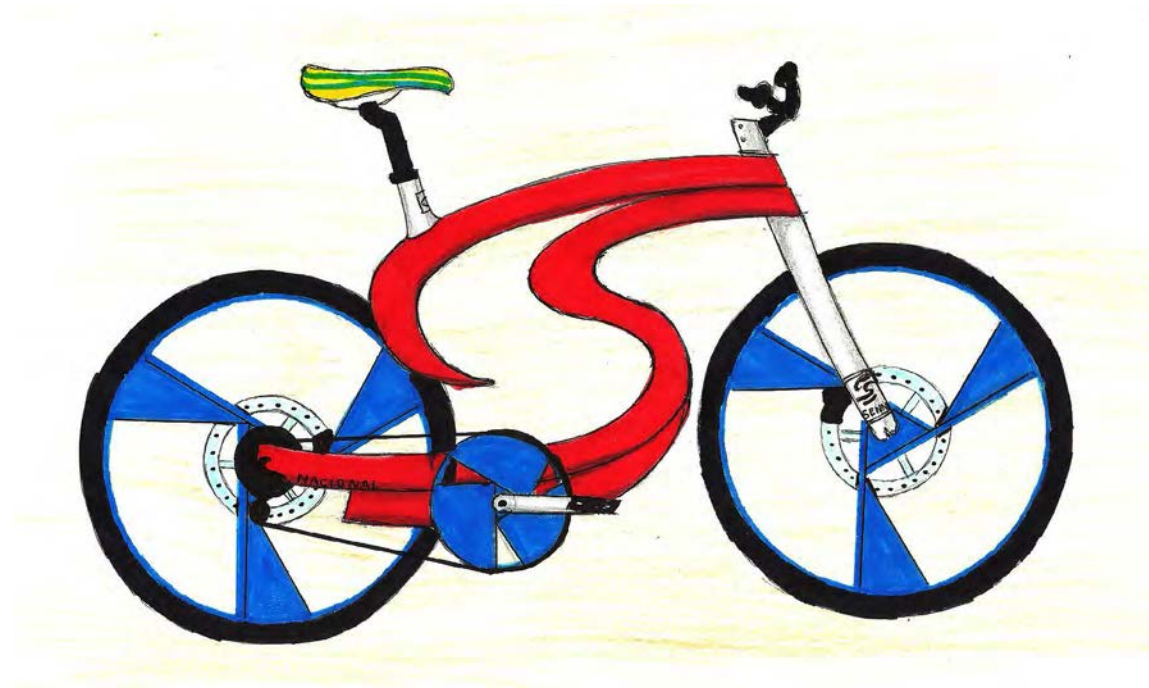
*Fig. 22: Aquecendo a placa no fogão. | Fig. 23: Preparando o mergulho em acetona.*

ao maquinário presente no Cadep (Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos, da UNESP de Bauru). A intenção inicial era fazer na Router (fresadora CNC), mas o Isaac Loureiro (amigo e ex-bolsita do Cadep) indicou o risco de trincas que o funcionamento grosseiro sujeitaria. O Renato Santos (bolsista do Cadep responsável pelo equipamento) também aconselhou a não realizar o corte, uma vez que não faria os ângulos sem que necessitasse de acabamento posterior. O recomendado foi o uso da Roland (CNC de quatro eixos), dado a facilidade pela entrega da peça finalizada. O Paulo Kick (bolsita do Cadep e responsável pela Roland) não se encontrava presente na época, assim sendo necessário aguardar.

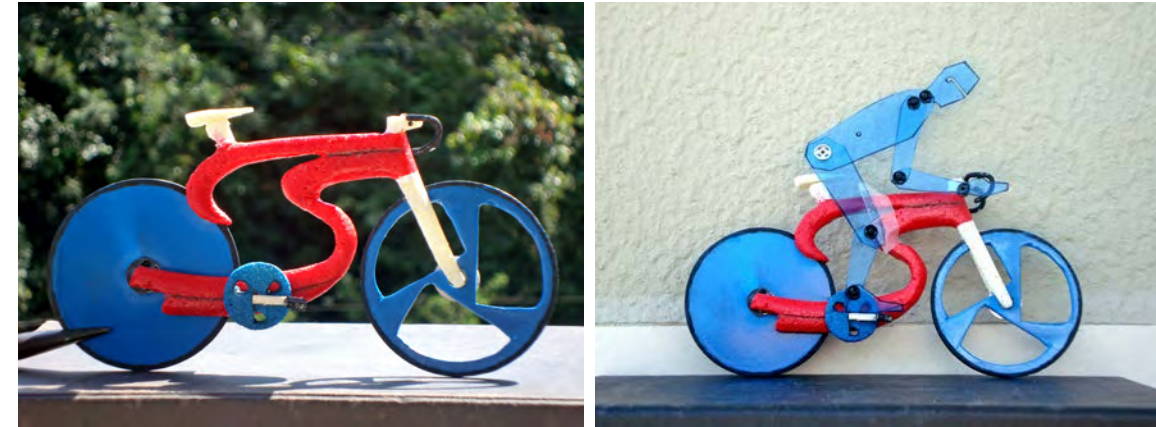
Após alguns dias de espera foi possível conversar com o Paulo. Este, atenciosamente instruiu a enviar o desenho técnico para que fosse feito o orçamento. Uma semana depois, com o desenho pronto, não havia a quem enviar, pois teria que passar por ele e depois pelo Professor Doutor Osmar Vicente Rodrigues (coordenador do Cadep). Neste tempo, houve muitos desencontros, seguidos de assuntos paralelos e greve, levando o projeto a uma pausa.

Depois de um período conturbado, o projeto foi retomado, dessa vez parecendo ser mais promissor. Na verdade, o projeto foi alterado. Com os desencontros passados que frearam o projeto anterior logo no início da montagem do protótipo, ficou perceptível que era hora de abortar os planos originais e buscar um projeto mais interessante e, até, mais amadurecido.

Em 2011, na disciplina de Ergonomia, ministrada pelo Professor Doutor Luis Carlos Paschoarelli, Daniel apresentou um trabalho intitulado de “Speed 85” (figuras 24, 25 e 26), que nada mais era que uma bicicleta cujo quadro foi baseado no logo “S” do Ayrton Senna.



Figs. 24: Bicicleta Senna, trabalho de Ergonomia, feito em 2011.



Figs. 25 e 26: Bicicleta Senna, trabalho de Ergonomia, feito em 2011.

Ao apresentar o projeto ao orientador, o Professor Doutor Cláudio Roberto y Goya, houve um despertar de interesse pela nova bicicleta, visto uma melhora na proposta. O encanto pelo novo projeto, também, deu-se ao soar contraditório, no projeto antigo, a transformação de bambu em laminado e, novamente mais tarde em tudo, realçando deste modo o brilhantismo da nova proposta. Sugeriu que ao invés de protótipo, fosse feito um modelo, e que contasse com apoio do Professor Doutor Paschoarelli por motivos de ter sido na aula dele que esse projeto nasceu e que poderia auxiliar no estudo da ergonomia.

## Por que Ayrton Senna?

Antes de continuar o relato do projeto propriamente dito, é importante deixar explicado o motivo de associar bicicleta com Ayrton Senna.

Daniel é, evidentemente, fã do Ayrton, não o tendo como ídolo, mas sim como referência e inspiração. A determinação e o empenho em fazer o melhor e superar a si mesmo e as condições presentes é o exemplo que considera mais importante para seus objetivos. Ao atingir suas metas, aquelas mais desejadas e que mais exigem esforços, vem à mente a cena da vitória do GP Brasil de 1991, logicamente acompanhado do Tema da Vitória.

E toda essa inspiração não é somente pelo Senna piloto, aliás, é principalmente pelo Ayrton pessoa, que era capaz de separar as personalidades de atleta e de cidadão. A importância que dava ao bem da sociedade, de levar a vitória em nome do país e de cada um da equipe que fazia parte, de através disso trazer alegria às manhãs de domingo e servir como motivação a mais uma semana de cada pessoa que vibrava em vê-lo. A importância que dava à família, aos seus hobbies, às crianças, à educação, tudo o que levou a condição de filantropo até a fundação da Instituição Ayrton Senna. Lógico, não eram somente virtudes, tinha muitos defeitos evidentes, e talvez seja isso que o faça ser tão admirado, demonstrando que era simplesmente um ser humano, fazendo papel de herói e anti-herói.

A bicicleta entra em cena uma vez que o Ayrton era um grande fã de ciclismo (figura 27). Ele, que desde o início da carreira na Fórmula 1 deu grande importância ao condicionamento físico e mental, junto ao professor e preparador físico Nuno Cobra, enxergou no ciclismo uma ótima maneira de aumentar sua resistência muscular e melhorar seu ritmo respiratório e concentração. A bicicleta estava em seus principais treinos, constantemente era visto pedalando, até nos momentos de lazer.



Fig. 27: Ayrton Senna em treino de ciclismo, em 1983.

Essa ligação com a bicicleta o levou, em 1994, poucos dias antes de seu acidente fatal, a lançar sua linha de bicicletas, desenvolvidas em parceria com a marca italiana Carraro Cicli (figura 28). Os modelos variavam de destinados a passeio e à prática profissional do Mountain Bike. O desenvolvimento e produção dessas bicicletas tinha a supervisão de Ayrton, e parte do lucro da fábrica era direcionado ao Instituto Ayrton Senna. Apesar de todo esse envolvimento, de identidade visual alusiva, apenas tinha a assinatura dele e o logo.

O projeto aqui apresentado visou ir além, colocando a identidade dele na geometria da bicicleta.



Fig. 28: Ayrton Senna apresentando a sua linha de bicicletas, em 1994.

## Definindo Parâmetros

A bicicleta deveria associar Ayrton Senna, Fórmula 1, ciclismo, a utilização como transporte e como instrumento para a prática amadora do esporte. A ligação ao Senna está presente no formato do quadro baseado no logo do “S” (figura 29). A inspiração na Fórmula 1 fez definir qual seria o esporte de ciclismo a ser direcionada, tendo que ser de longa duração, com velocidade e situações variáveis, além de também influenciar a tecnologia aplicada aos materiais (figura 30). A utilização teria que prezar pela ergonomia que pudesse conciliar a prática do esporte e o uso como transporte.

Com todas essas condições, o esporte definido foi o Triathlon.



Fig. 29: O “S” do Senna que inspirou o desenho do quadro do projeto. | Fig. 30: A McLaren MP4/6, carro com que Ayrton ganhou o GP Brasil de 1991, que serviu de identidade visual para o projeto.

## Ergonomia

Além das características de uma corrida de Fórmula 1 terem sido importantes para a definição de ser uma bicicleta de Triathlon, outro motivo importante é a ergonomia que as bicicletas utilizadas para a prática desse esporte proporcionam.

Em conversa com o Victor Vieira (amigo e praticante de Triathlon), houve apontamento de fatos interessantes dos motivos da ergonomia aplicada a essas bicicletas, explicado em sua vantagem e resultados. Após a conversa foi possível realizar uma pesquisa para aumentar o conhecimento a respeito do apresentado.

A postura do atleta de Triathlon na bicicleta fica mais à frente do que se comparada em outras bicicletas. Os ângulos são mais próximos dos 90 graus, como, por exemplo, o seat tube que varia de 79 a 82 graus. Além disso, os modelos de selim utilizados permitem sentar ainda mais à frente do centro. Essa

geometria prioriza a utilização dos músculos posteriores, glúteos e quadril, assim diminuindo o esforço dos músculos da coxa, mas exigindo maior flexibilidade muscular da pélvis e das costas. A intenção disso é poupar e manter descansados os músculos que serão exigidos na etapa seguinte do esporte, que é a corrida.

A altura do guidão é menos agressiva, ou seja, é menos baixa do que se comparada a das bicicletas utilizadas em esportes que priorizam a velocidade. Esse posicionamento é adotado porque mais importante do que a aerodinâmica, é o conforto do atleta para aguentar pedalar longas distâncias e ainda estar bem para as etapas seguintes. No guidão é utilizado um acessório chamado clipe, que permite apoiar os cotovelos sobre ele, com ângulo de 90 graus entre o braço e o antebraço, com o objetivo de distribuir mais o peso sobre os ossos, exigindo menos dos músculos do ombro, também com a intenção de poupá-los para a etapa seguinte do esporte.

As vantagens desse posicionamento no Triathlon se encaixam perfeitamente para a utilização como meio de transporte, inclusive em espaços urbanos. Como meio de transporte é interessante que se tenha o maior rendimento possível, permitindo pedalar por distâncias maiores, demorando mais para cansar os músculos e ainda assim mantendo uma posição confortável. As partes do corpo que serão poupadas e se manterão descansadas, logo após a pedalada, permitirão que o usuário esteja pronto para caminhar, subir e descer escadas, utilizar o metrô, entre outros, sem já estar fadigado. Essa geometria vai contra a aplicada na maioria das bicicletas classificadas de urbanas, que geralmente priorizam quase que totalmente o conforto e a estética, em detrimento do rendimento, o que leva às pessoas não considerarem bicicletas como bons transportes para longas distâncias.

Na Fórmula 1 há exigências no regulamento quanto à construção dos carros, mas dando uma abertura restrita de variação de medidas para o melhor posicionamento do piloto. O mesmo ocorre nos esportes de ciclismo, no caso o

Triathlon, que exigem determinados ângulos, como foi exposto até o momento, porém, também permite variações para o melhor rendimento e conforto do ciclista de acordo com suas medidas. O estudo que determina a melhor ergonomia é chamado de bike fit.

Abaixo está imagem (figura 31) do cálculo de bike fit, utilizando as medidas do Daniel, assim determinando todas as medidas da bicicleta ideal para ele:

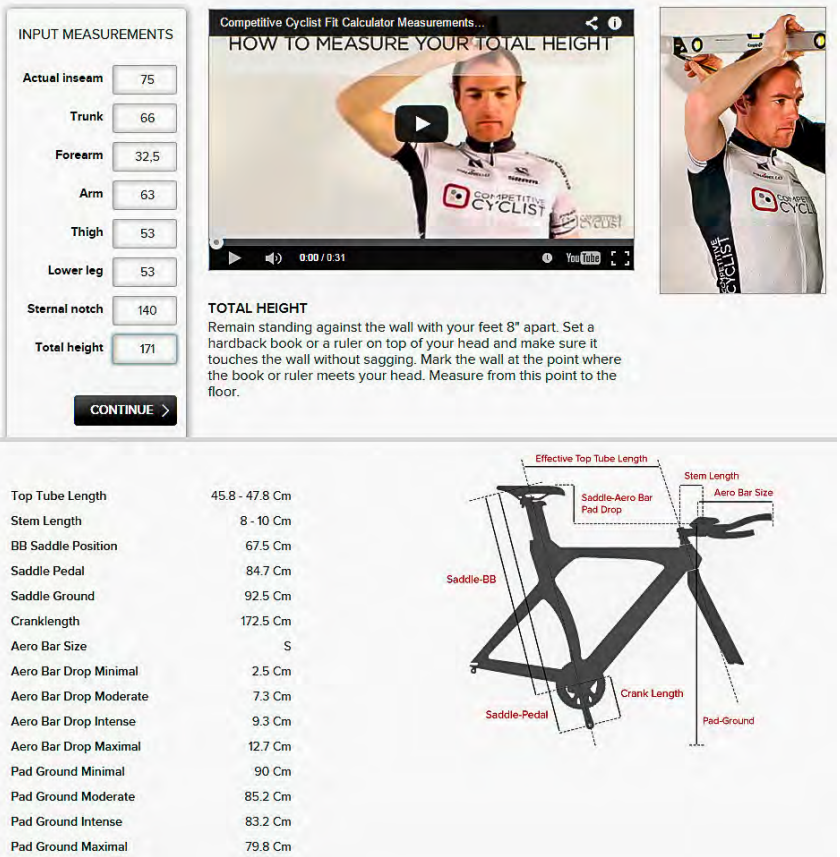


Fig. 31.: Cálculo de bike fit.

Aqui está a geometria final do quadro (figura 32), com o posicionamento correto de cada ponto e ângulo, que será a base para a aplicação do S do Senna:

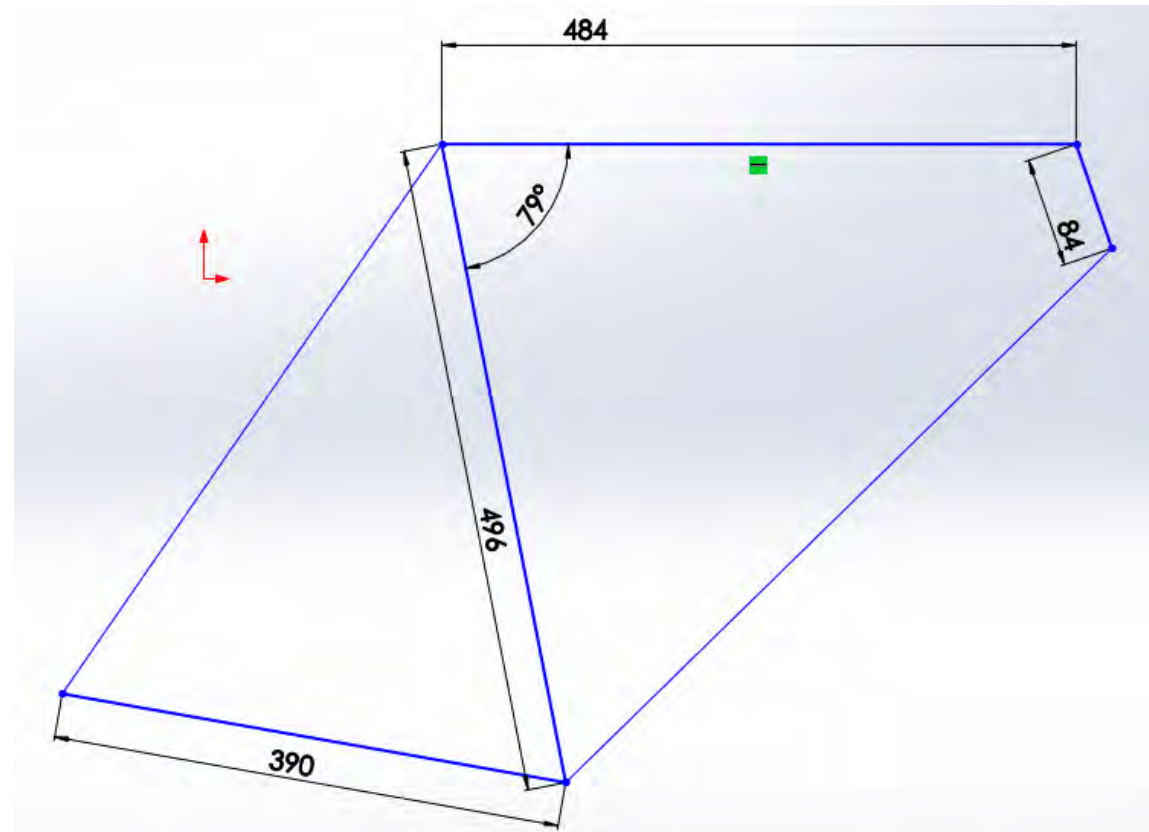
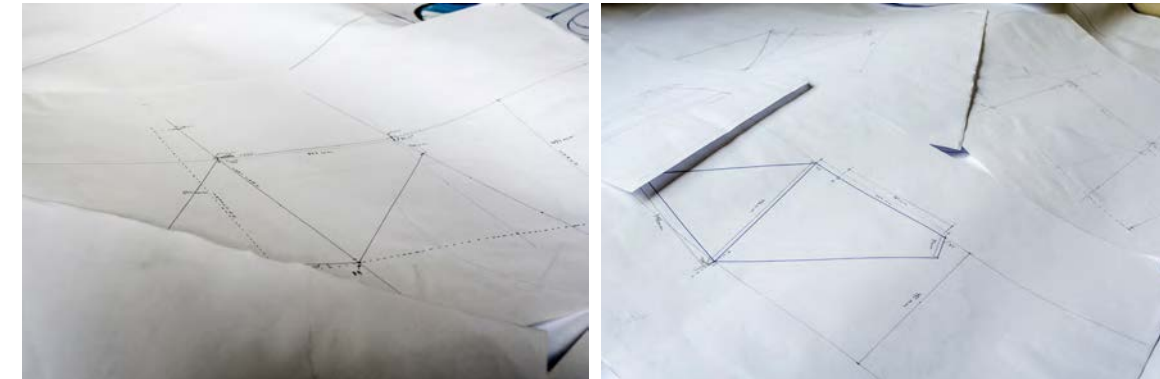


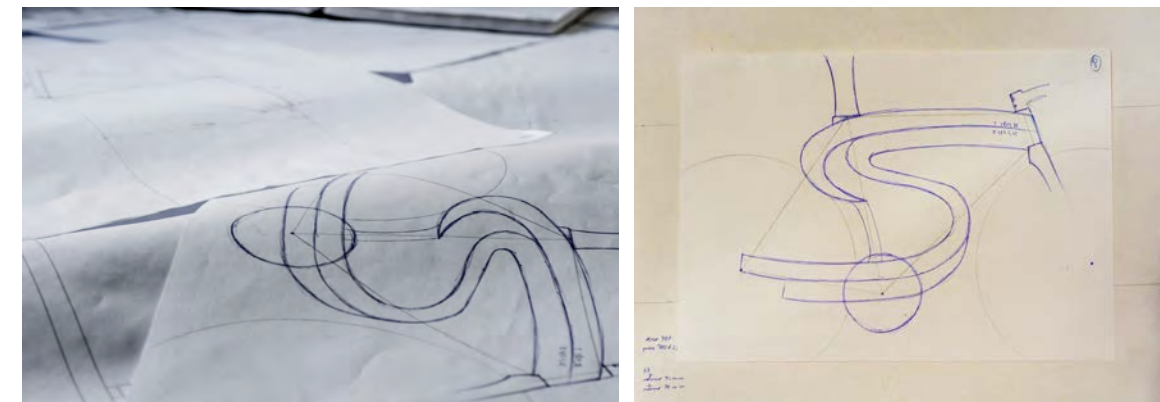
Fig. 32: Geometria final do quadro.

## Estabelecendo a Forma e Modelagem 3D Virtual

Posteriormente à definição da geometria, o “S” foi aplicado sobre os desenhos dos estudos anteriores (figuras 33 a 36). Para a modelagem virtual foi necessário medir os componentes que se encaixam ao quadro, para definição do desenho interno (figura 37). Por segurança, para conferir as medidas com peças reais, foi feita a impressão 2D em escala 1:1 (figura 38).



Figs. 33 e 34: Estudos e estabelecimento da geometria.



Figs. 35 e 36: Aplicação e ajuste do “S” sobre a geometria do quadro.



Fig. 37: Anotações de medidas de componentes para definir o desenho interno. | Fig. 38: Impressão 2D em escala 1:1.

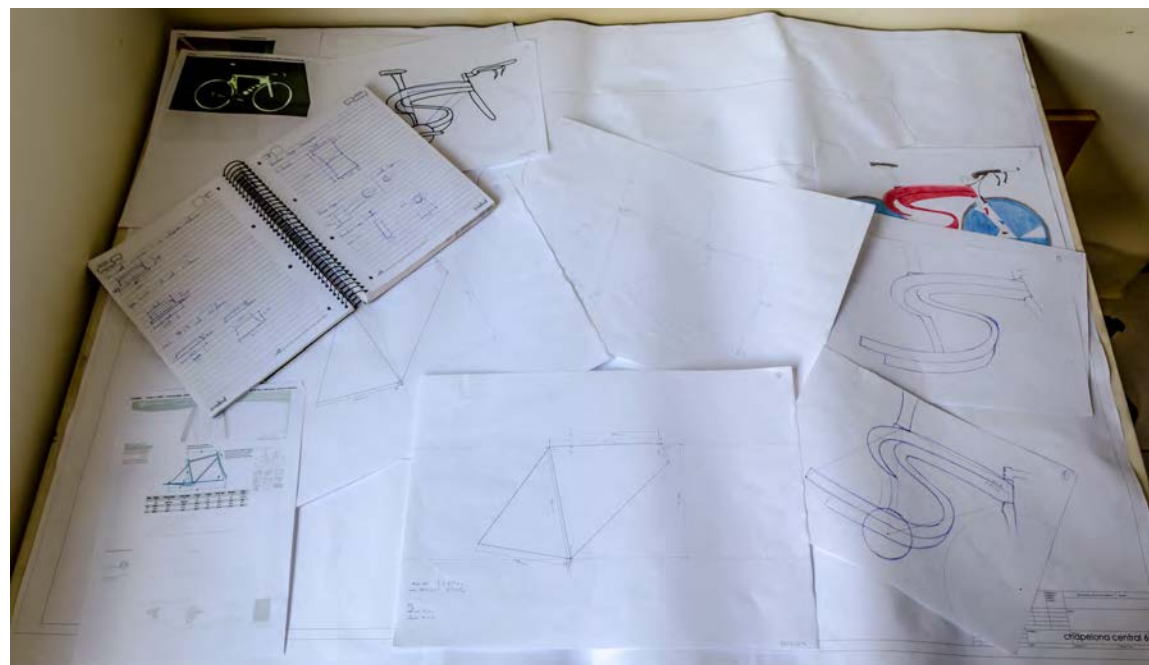
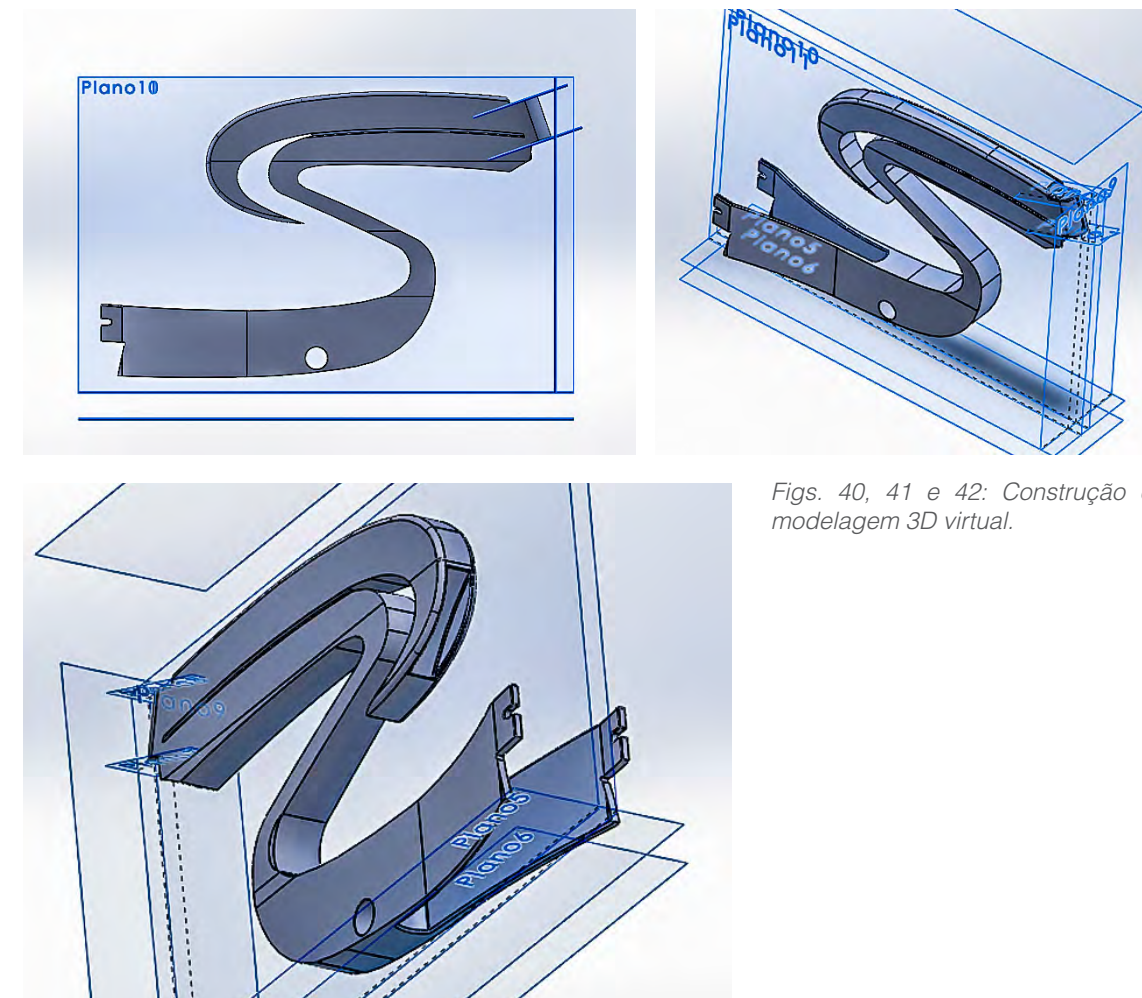


Fig. 39: Todos os desenhos, estudos, definições e referências reunidas

Com base nos desenhos manuais produzidos até então, a modelagem em 3D virtual foi construído através do software SolidWorks, versões de 2011 e 2015. Alguns dos passos da construção (figuras 40 a 42) e os renders finais estão aqui apresentados (figuras 43 a 49):



Figs. 40, 41 e 42: Construção da modelagem 3D virtual.



*Fig. 43: Render final.*



*Fig. 44: Render final.*



*Fig. 45: Render final.*



*Fig. 46: Render final.*



*Fig. 48: Render final.*



*Fig. 47: Render final.*



*Fig. 49: Render final.*

## Construindo o Modelo Real

A intenção desde o início era construir o modelo em escada 1:1, assim podendo utilizar peças reais de bicicleta em sua montagem. Por orientação, o Professor Doutor Goya sugeriu que a modelagem fosse feita através dos processos e materiais mais utilizados durante a graduação: o PU.

PU é a sigla do poliuretano, um polímero utilizado em espumas rígidas ou flexíveis, entre outras aplicações. Resumidamente, a modelagem com esse material consiste em removê-lo gradativamente, atribuindo-lhe forma. Geralmente se utiliza um gabarito que reproduz pontos mínimos e máximos de uma parte da peça, chamado chapelona. A finalização pode ser dada através de aplicação de massa plástica, primer, tinta, polimento, entre outros. É um processo que demanda muito tempo e dedicação.

Tempo não era uma variável abundante neste projeto, logo então algumas semanas foram dedicadas a encontrar soluções mais rápidas, ou seja, outras formas de se construir. A primeira nova opção surgiu de uma sugestão do Isaac, que então estava trabalhando no Garagem Fab Lab (um laboratório de fabricação digital, localizado em São Paulo ), a de fazer a impressão do quadro da bicicleta em 3D. Para fazer o orçamento, era necessário mandar o arquivo da modelagem digital detalhada. Daniel levou quase um mês todo fazendo a modelagem. O orçamento ficou em estratosféricos R\$ 50 mil! Portanto, essa opção foi descartada, voltando então para ideia de fazer manualmente utilizando o PU.

Nesse tempo da modelagem virtual, muitas pesquisas pela internet e presenciais em campo foram feitas sobre compatibilidade de componentes. A principal pesquisa física constituiu em visitar a bicicletaria onde Daniel trabalhou, em Atibaia, para medir milimetricamente componentes que definiriam parte da geometria do quadro. Carlão (antigo dono do local, agora atendente), que tinha

certa amizade com o Daniel, lhe entregou alguns quadros e componentes para servirem de parâmetro. Com os dados adquiridos foram executadas as devidas alterações no modelo virtual, agora definitivamente finalizado.

Em meio a acontecimentos que tomaram um considerável tempo que seria destinado ao projeto, voltou a ideia inicial de fazer em PU. Para agilizar esse processo, a intenção era de produzir as chapelonas em placas de 6,0 mm de compensado, através de fresadora CNC, que se encontra no Cadep. Bastava fazer algumas alterações na modelagem virtual já existente, adequando ao formato de arquivo e resultados pretendidos. Em uma das visitas ao Cadep para tomar orientação, o professor Osmar, ao ouvir o caso do projeto, sugeriu que fosse feito em polímero, substituindo a placa de compensado. Seria melhor, pois esse material possibilitaria fazer não apenas as chapelonas, mas sim o quadro todo em 3D, dividido ao meio, bastando posteriormente unir as duas partes e dar acabamento. A esperança sobre o polímero foi a segunda nova opção.

O Professor Doutor Osmar indicou um contato de uma empresa, o Marcos da Impaktto, para o qual poderia explicar o tipo de material que precisava, ajudando a escolher e a fechar negócio. Além disso, sugeriu alguns polímeros para que fossem pesquisados e selecionado o que melhor se adequasse ao projeto, eles sendo: PEUAPM (polietileno de alto peso molecular), PEEK (polieteretercetona), POM (polioximetileno) e PSU (Polisulfona). Após várias pesquisas, a conclusão foi a de que o POM melhor se adequaria às necessidades pelas suas propriedades, como a alta resistência a impactos e torções. Bastava comprar o material com a empresa indicada.

O passo seguinte, a compra, foi atrasado pelo inconveniente de que o Marcos não estava respondendo os e-mails. Então, após alguns dias sem resposta, Daniel entrou em contato via telefone com a empresa, quando recebeu a notícia de que o Marcos não mais fazia parte do quadro de funcionários. A solução foi recomeçar a negociação com a vendedora que atendeu a ligação, mas não foi

dada a devida atenção, de modo que os e-mails nunca foram respondidos por parte dela. Como muito do tempo já havia passado e o prazo próximo do fim, a solução foi abortar essa opção e novamente voltar à modelagem do PU, tendo que acelerar o processo.

A construção das chapelonas voltou ao Cadep. Dessa vez, o bolsista responsável pelo equipamento que seria utilizada era o Renato Santos. Na primeira visita ao local, ele não estava presente, mas a partir da segunda esteve, sendo sempre atencioso. A cada visita e e-mail trocado, ele foi indicando pontos do desenho que deveriam ser modificados, o que no fim simplificou excessivamente as chapelonas, perdendo detalhes que guiariam e criando a necessidade de novos ajustes posteriores. Nesse período de ajustes de arquivo, coincidiu de estar ocorrendo a semana da engenharia dentro da UNESP (SEMENG 2015), evento no qual o Cadep estava presente, assim não podendo dar imediata atenção ao projeto. Passaram-se dias e semanas, arquivo modificado pronto para a construção das peças, dependendo apenas do orçamento. Após alguns dias, em consulta com o Professor Doutor Osmar, o orçamento foi passado e aprovado. Porém, apareceu um novo inconveniente: o fato do equipamento estar em testes, e que só seria possível fazer o projeto após a conclusão dos mesmos. A esse ponto, o prazo estava a apenas três semanas de se esgotar, não tendo mais tempo disponível para espera, por menor que pudesse ser.

Outros recursos foram buscados para fazer os cortes das chapelonas. A primeira foi recorrer ao Professor Doutor Luiz Antonio Vasques Hellmeister que, junto a alunos, construiu uma fresadora CNC de forma caseira. Muito atencioso, prontamente ofereceu o equipamento e a supervisão do técnico André Luiz Alves Guimarães. Após algumas trocas de e-mails com o André, foi concluído que não seria possível utilizar por dois motivos: as dimensões da máquina não comportaria a principal peça e a fresa não faria detalhes devido ao diâmetro dela. Mais uma vez, dispensada essa outra opção de recurso.

A segunda opção foi o corte a laser. A empresa consultada foi a Laser Mix, em Bauru. O primeiro contato, pessoalmente, não foi muito animador, pois foi passada a informação de não ser comum aceitarem fazer cortes em materiais como o compensado e MDF, devido à resina contida neles. Porém, foi deixado o contato para passar medidas mais detalhadas, assim podendo ser cogitada a exceção de fazer o corte. E-mail enviado com as medidas, e, mais uma vez, como já havia se tornado normal no decorrer do projeto, não foi respondido. Nesse mesmo tempo encerrou o prazo que Daniel tinha se dado como limite para fazer o modelo real, pois sabia que não haveria como terminar de forma bem feita até o dia estipulado, assim indo se dedicar a outros pontos do projeto (o processo construtivo do mockup realizado após a apresentação está documentado no apêndice A).

## Conceito e Materiais para uma Produção Real

Em uma produção real do quadro, destinado à utilização, o material empregado não pode ser dos mais conhecidos na construção de bicicletas. Pela forma orgânica e pontos de esforço, principalmente no centro do “S”, ligas metálicas devem ser descartadas. O substituto mais famoso e vantajoso é a fibra de carbono, que, com seus devidos reforços, pode ser utilizada. Porém, mesmo funcional, o projeto se trata de um conceito, podendo então ter a pretensão de ser construído com um material pouco empregado atualmente, mas que ganha cada vez mais espaço em diversas áreas: o grafeno.

O grafeno (figura 50) é uma das formas cristalinas do carbono, constituído por uma camada fina de grafite, cuja estrutura diferencia-se por ser hexagonal, onde os átomos individuais estão distribuídos. Entre suas propriedades, destacam-se a resistência e a leveza. Na prática, é o material mais forte de que se tem conhecimento, embora, em teoria, o carbino seja ainda mais. Em comparação, é 200 vezes mais forte que o aço e sua espessura é a mesma de um átomo.

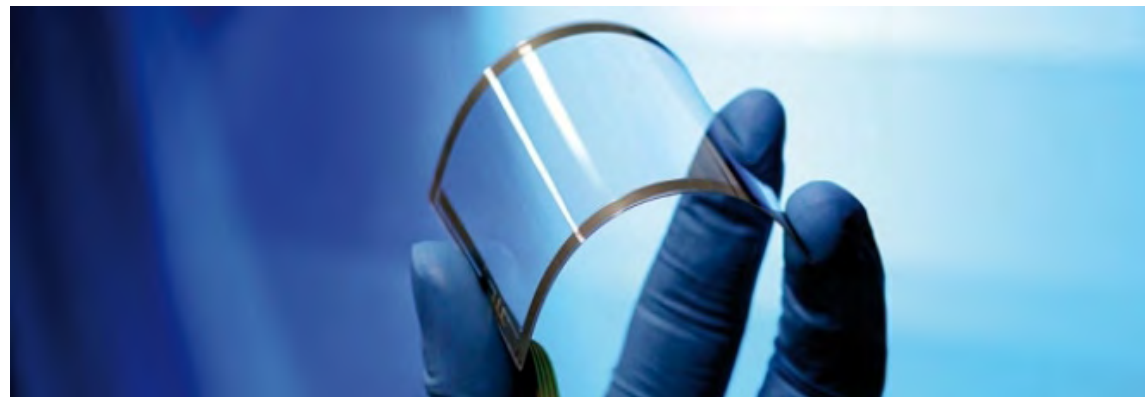


*Fig. 50: Grafeno.*

Dentro do ciclismo, a fabricante italiana Vittoria realizou diversos estudos de aplicação do grafeno, junto ao laboratório, também italiano, Directa Plus, especializado no desenvolvimento e processos de produção de nano materiais. Os primeiros produtos resultantes da parceria foram rodas (figura 51) e pneus. As rodas são constituídas com 70% de fibra de carbono e 30% de grafeno, resultando em modelos mais resistentes, mais leves, com maior rigidez lateral e com a característica de alcançar menores temperaturas.



*Fig. 51: Roda Vittoria Qurano 84, um dos modelos produzidos com o misto de grafeno e fibra de carbono.*

Outro exemplo dentro do ciclismo é da empresa espanhola Catlike, voltada a acessórios e vestuário. Alguns modelos de seus capacetes são produzidos com nano fibras de grafeno, sendo altamente resistentes, leves e vantajosos à segurança do ciclista.

Em vista dos ótimos resultados que estão sendo alcançados, comprova-se a possibilidade de construção do quadro com grafeno. Alguns estudos estimam o peso médio em 400 gramas, garantindo uma bicicleta leve, rápida, resistente e fácil de ser transportada.

## Proposta de Montagem Final

A montagem deve ser realizada com componentes condizentes à proposta de utilização da bicicleta. As fotomontagens aqui apresentadas mostram o produto final (figuras 52, 53 e 54):



Fig. 52: Produto final, montada com componentes direcionados ao Triathlon.



Fig. 53: Produto final, montada com componentes direcionados ao Triathlon.



Fig. 54: Produto final, montada com componentes direcionados ao Triathlon.

## Conclusão

Ayrton Senna, ao longo de sua carreira, realizou diversos trabalhos e doações filantrópicas. Ele tinha o desejo de fazer de maneira mais organizada e de levar a educação de qualidade para todos, principalmente crianças. O Instituto Ayrton Senna nasceu a partir dessa vontade. Fundada pela sua irmã, Viviane Senna, em 1995, constitui-se em uma organização sem fins lucrativos que trabalha para ampliar as oportunidades de crianças e jovens por meio da educação.

Atua em parcerias com gestores públicos, educadores, pesquisadores e outras organizações para construir soluções concretas para os problemas da educação básica. As propostas se traduzem em políticas e práticas flexíveis que se adaptam a diversos contextos e efetivamente impactam a aprendizagem dos estudantes em grande escala.

Suas ações são financiadas por recursos de doações e de parcerias com a iniciativa privada. Pelo impacto de sua atuação e transparência em relação à origem e aplicação dos recursos, recebe reconhecimento pela qualidade e confiabilidade na articulação entre setor privado, o poder público e a sociedade civil para melhorar a educação no Brasil.

Até 2010, o Instituto Ayrton Senna ajudou a educar 12 milhões de crianças.

Concluindo, existe um grande comércio de produtos oficiais com a marca, como adesivos, bonés, camisetas, miniaturas, entre outros. Parte da receita obtida com as vendas é destinada ao instituto. Pensando nisso, há o desejo de levar o projeto aqui apresentado, a Bicicleta Senna, até representantes do instituto, assim podendo servir de mais um produto. As consequências seriam a caridade através das vendas, mais um elemento carregando a memória, servindo para admiradores, ciclistas amadores e colecionadores.

## Referências

BIKE FIT CALCULATOR. Disponível em < <http://www.competitivecyclist.com/Store/catalog/fitCalculatorBike.jsp>>. Acesso em 15/01/2015.

CALOI EXTRALIGHT. Disponível em <<http://www.bicicletarianazonanorte.com.br/extra.html>>. Acesso em 06/06/2014.

CARBON FIBER Z FRAME BIKE. Disponível em <<http://theprojectjunkie.com/bicycles-bike-components/carbon-fiber-z-frame-bike.html>>. Acesso em 17/01/2015.

CATLIKE. Disponível em <<http://www.catlike.es/ca/es/innovacion/tecnologias-cascos/grafeno/>>. Cesso em 10/04/2015.

CERVELO. Disponível em <<http://www.cervelo.com/media/docs/New-P3-geometry-4dda353c-c1a7-413d-b167-2c5076d694ec-0.pdf>> e <<http://www.cervelo.com/en/bikes/p-series/p3.html>>. Acesso em 02/01/2015.

COMO FAZER LAMINADOS. Disponível em <<http://bamboo.ning.com/group/laminados/forum/topics/como-fazer-laminados>>. Acesso em 18/06/2014.

COMO GRAFENO VAI MUDAR SUA VIDA, por Eduardo Araia. Disponível em < <http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/ciencia/como-grafeno-vai-mudar-sua-vida>>. Acesso em 12/04/2015.

DIRECTA PLUS. Disponível em <<http://www.directa-plus.com/contacts/>>. Acesso em 10/04/2015.

FACTORY TOUR: HERO BIKE'S DIY BAMBOO BICYCLE (...). Disponível em <<http://www.bikerumor.com/2013/12/06/factory-tour-hero-bikes-diy-bamboo-bicycle-workshops-semester-carbonboo-campaign/>>. Acesso em 19/06/2014.

GRAFENO: CONHEÇA O MATERIAL QUE VAI REVOLUCIONAR A TECNOLOGIA DO FUTURO, por Caio Carvalho. Disponível em < <http://canaltech.com.br/materia/produtos/grafeno-conheca-o-material-que-vai-revolucionar-a-tecnologia-do-futuro-25436/>>. Acesso em 12/04/2015.

INSTITUTO AYRTON SENNA. Disponível em < <http://www.institutoayrtonsenna.org.br/>>. Acesso em 12/04/2015.

LAMBOO. Disponível em <<http://www.bikemagazine.com.br/2014/04/lamboo-a-bicicleta-de-bambu-laminado/>>. Acesso em 19/06/2014.

LAMINADOS (PLYBAMBOO). Disponível em <<http://bamboo.ning.com/group/laminados>>. Acesso em 18/06/2014.

NEOBAMBU. Disponível em <<http://www.neobambu.eco.br/produtos>>. Acesso em 20/06/2014.

RED BULL. Ayrton Senna e a Bicicleta. Disponível em <<http://redbul.com.br/pt/bike/stories/1331648354392/ayrton-senna-e-a-bicicleta>>. Acesso em 26/11/2014.

RODRIGUES, Ernesto. **Ayrton – O Herói Revelado**. Primeira edição. Editora Objetiva, 2004.

SEMESTER HEX TUBE BAMBOO + CARBON FIBER BIKE. Disponível em <<http://www.core77.com/posts/25373/new-advances-in-the-bamboo-bicycle-semester-hextube-bamboo-carbon-fiber-bike-25373>>. Acesso em 19/06/2014.

TUBO DE BAMBU. Disponível em <<http://portuguese.alibaba.com/product-gs/bamboo-tube-for-bicycle-509814913.html>>. Acesso em 18/06/2014.

VITTORIA. Disponível em <<http://www.vittoria.com/>>. Acesso em 26/12/2014.

# Apêndice A

Processo construtivo do mockup.

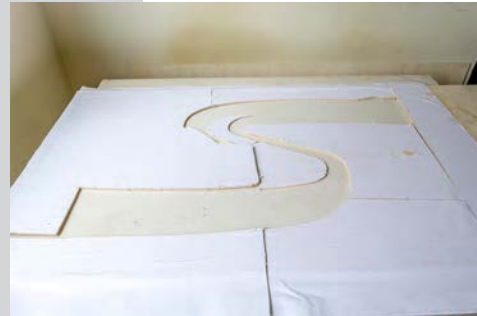


Fig. 55: Corte da chapelona numa placa de compensado de 3mm.



Fig. 56: Corte da chapelona numa placa de compensado de 3mm.



Fig. 57: Aplicação de PU na chapelona de compensado.



Fig. 61: Aplicação de PU na chapelona de compensado.



Fig. 62: Aplicação de PU na chapelona de compensado.



Fig. 63: Finalização da modelagem em PU.



Fig. 58: Aplicação de PU na chapelona de compensado.



Fig. 59: Aplicação de PU na chapelona de compensado.



Fig. 60: Aplicação de PU na chapelona de compensado.



Fig. 64: Aplicação de fibra de vidro e massa plástica sobre o PU.



Fig. 65: Correção de imperfeições.



Fig. 66: Correção de imperfeições.



Fig. 67: Aplicação de primer.



Fig. 68: Aplicação da primeira demão de tinta automotiva.



Fig. 69: Segunda correção de imperfeições, após a qual foi aplicada uma segunda demão de tinta automotiva.



Fig. 70: Mockup após a aplicação da última demão de tinta automotiva.



Fig. 71: Mockup finalizado.



Fig. 72: Mockup finalizado.



Fig. 73: Mockup finalizado.



*Fig. 74: Mockup finalizado.*

*Fig. 75: Mockup finalizado.*

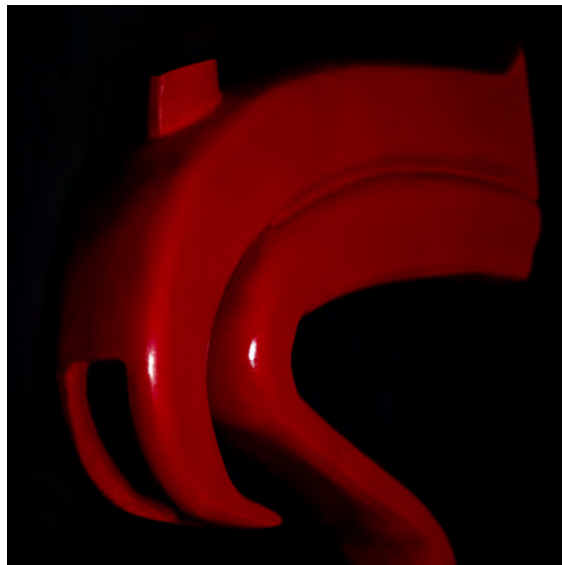


*Fig. 76: Mockup finalizado.*



