

MONTAGEM E MODELAGEM DE CHASSI PARA AUTOMÓVEL MOVIDO À ENERGIA FOTOVOLTAICA

ASSEMBLY AND MODELLING OF CHASSI FOR AUTOMOBILE POWERED BY PHOTOVOLTAICS

Alexandre de Miranda Lima¹; Arnaldo Nogueira Randis²; Bruna Thais de Lira³; Bruno Rogerio⁴; Carlos
Aparecido de Souza Filho⁵; Darci de Campos⁶; Gabriella Santos Silva⁷; Hector da Silva Rodrigues⁸; Jonas Berto da
Silva⁹; Laercio Gabriel da Silva¹⁰; Renato Rodrigo Paes¹¹; Ricardo Zafalan Yorgos¹²; Ronaldo Apipe Macena¹³; Thiago
Koiti Kikuta¹⁴; Bruno Bacci Fernandes¹⁵

RESUMO

O objetivo deste projeto foi estudar e incorporar melhorias no automóvel movido à energia fotovoltaica, cujo protótipo inicial foi desenvolvido por Pâmela Diolice (estudante do ensino médio da cidade de São José dos Campos/SP). A princípio, a fabricação de um novo chassi era o foco principal dos estudos, porém após as pesquisas e análises preliminares, foi decidido adquirir um chassi tubular de *minikart* com dimensões próximas do protótipo estudado. Dessa forma, o entendimento das reações de torção e flexão em simulações estruturais através de *software* tornou-se parte das atividades de pesquisa. A busca por tais conhecimentos abriu frentes para decisões de remodelagem do automóvel, não limitando isto apenas ao chassi, mas a todo o conjunto mecânico e eletroeletrônico. O objetivo sempre foi propiciar leveza e menor resistência à rolagem, aproveitando eficientemente a energia limpa e renovável do painel fotovoltaico presente neste modelo de automóvel. Desta maneira, foram produzidos componentes essenciais para o funcionamento do automóvel com o auxílio de ferramentas disponíveis na oficina da universidade e em instituições parceiras. O protótipo tem sido adotado como um laboratório de pesquisa sobre o avanço de tecnologias e o conceito alternativo à redução de emissão de gases poluentes originados pela queima de combustíveis fósseis. A Universidade Braz Cubas tem incentivado o desenvolvimento deste projeto e inclusive adquiriu recentemente um sistema fotovoltaico que será usado para simular um posto solar. Por esses motivos, o aprimoramento do protótipo deverá ser contínuo e desafiador para suas turmas de engenharia.

Palavras-chave: chassi tubular, energia fotovoltaica, microcontrolador, motor de partida, simulação.

ABSTRACT

The present project goal was to study a new way of incorporate improvements to the physical components of the automobile powered by photovoltaic energy, which the prototype was developed by Pamela (high school student from *São José dos Campos* city, in *São Paulo* state). At first, the chassis manufacture was the main focus of the studies, but after the advances on research, there were an acquisition of a minikart tubular chassis with close dimensions to the model. Therefore the understanding of the reactions of torsion and flexion in structural simulations through software became part of the tasks. The search for knowledge opened fronts to the decision of remodeling of the automobile, not limiting this task to only the chassis, but to the entire mechanical and electro-electronic set in order to harmonically provide lightness and less resistance to scrolling, utilizing the clean and renewable energy from the photovoltaic panel which was contained in the past automobile model. This way, there were manufactured vital components so the automobile could properly work utilizing, among others, the tools available in the university's workshop. Thus, the prototype is understood as a research laboratory and advance in technologies and alternative concepts to the reduction

1 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: alexandre.m.lima@globomail.com

2 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: arnaldorandis@hotmail.com

3 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: brunalyra20@hotmail.com

4 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: bruno.rogerio7@gmail.com

5 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: carlos.ap.souza1996@gmail.com

6 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: darcicampos014@gmail.com

7 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: gabriellasilvafd@gmail.com

8 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: hector.rodrs@gmail.com

9 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: jonas.jls77@gmail.com

10 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: laerciogabriel@hotmail.com

11 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: renato_rpaes@hotmail.com

12 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: ricardo_zafalan@hotmail.com

13 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: ronaldoapipe@hotmail.com

14 Graduando em Engenharia Mecânica. Universidade Braz Cubas. E-mail: thikoki@hotmail.com

15 Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil(2010)

Docente Ingressante da Universidade Braz Cubas, Brasil. E-mail: baccicss@gmail.com

of polluting gases originated by combustion of fossil fuels. Therefore, it's enhancement will be continuous and challenging to the subsequent engineering classes.

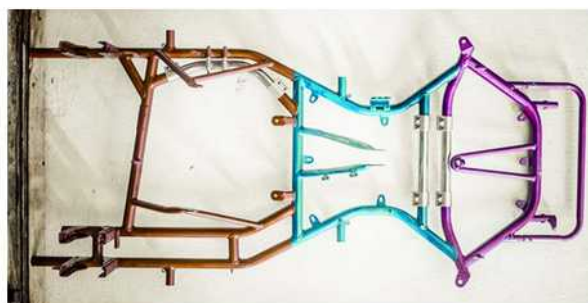
Keywords: tubular chassis, fotovoltaics, microcontroller, start engine, simulation.

1 INTRODUÇÃO

O protótipo de um automóvel movido à energia fotovoltaica foi desenvolvido no ano de 2015, por Pamela Diolice Andrea Pires Duarte, aluna do ensino médio, com o objetivo de transformar energia fotovoltaica em energia mecânica para o deslocamento do automóvel. Tal trabalho, que foi doado ao orientador do presente trabalho, tem sido utilizado por alunos da Universidade Braz Cubas no desenvolvimento de um novo protótipo com melhorias. Para tal desenvolvimento foram realizadas pesquisas que estão descritas nessa introdução.

O chassi é o quadro central de um automóvel cuja função é transportar todos os componentes e suportar todas as cargas. Estas cargas incluem o peso de cada componente e as forças que se manifestam durante a aceleração, desaceleração e curvas. Conforme Costin e Phipps [1] apud Mat e Ghani [2], os componentes que geralmente estão anexados ao chassi são: o motor, os braços de suspensão, o sistema de direção, o sistema de frenagem e os assentos. O projeto de chassi de minikart mostrado na figura 1-a foi concebido a fim de gerar torções e flexões intencionalmente, não somente de maneira calculada, mas também em níveis de ajustes. O chassi é ilustrado em três partes a fim de obter-se uma melhor compreensão do assunto em questão [3].

Figura 1-a - Chassi de minikart demonstrado em três partes [3]



A parte dianteira do chassi, em roxo, destaca a fixação dos componentes, tais como os pedais de comando e a base da coluna de direção. A parte observada em azul representa a espinha dorsal, e na traseira, vista em marrom, concentram-se as partes que sofrem os esforços de torção devido ao acionamento do motor e à concentração de massa. As

barras cromadas (ou em cinza) são para ajustes finos de desempenho do chassi, e alguns modelos não possuem este recurso. O conceito de barras estruturais no chassi, conforme figura 1-b, permite observar também como é realizado o ajuste entre o aumento e diminuição de rigidez no chassi. As barras são instaladas ou removidas de acordo com a necessidade de rigidez e torção da estrutura.

Figura 1-b - Barras estruturais no chassi [3].



Em casos onde a pista de rolagem possui pouca aderência é necessário o aumento de torção no chassi, ou seja, ele deve trabalhar mais no sentido de absorção de energia do solo, e consequentemente retira-se a rigidez, passando o conjunto a ter mais estabilidade nesse terreno. O aperto dos parafusos de fixação também influencia o ajuste das barras, e com o uso de um torquímetro, podem ser definidos níveis elevados de precisão. Outras regulagens, tais como cáster e cambagem, são realizadas simultaneamente através de uma arruela excêntrica, conforme figura 1-c [3].

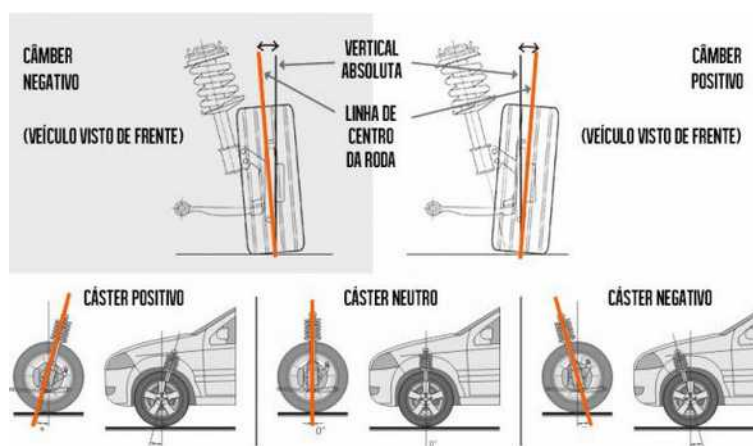
Figura 1-c - Arruela da manga do eixo de direção [3]



A cambagem é definida como o ajuste para o controle das características de rolamento das rodas. Este ajuste consiste na inclinação da roda de um veículo em relação ao plano

horizontal. O ângulo de cambagem será positivo quando a parte superior da roda estiver inclinada para fora e negativo quando estiver inclinada para dentro. O ajuste irregular do ângulo de câmbor pode causar desgaste assimétrico dos pneus, aumento do consumo de combustível e perda de estabilidade. O automóvel pode ficar instável e não manter deslocamento em linha reta se houver diferença nos valores de câmbor entre as rodas. O ângulo de cáster é ajustado ao observar-se o automóvel de lado, este ajuste é dado pelo ângulo do pino mestre em relação à linha vertical que passa pelo centro da roda. O ajuste correto do ângulo de cáster propicia solidez à direção, além de exigir o mínimo esforço ao condutor. O ângulo de cáster é definido no projeto do automóvel através de estudos e simulações, normalmente não é alterado durante o uso do automóvel. Para um melhor entendimento sobre a regulagem do câmbor e cáster no chassi de minikart, analisou-se este mesmo conceito através da figura 1-d que ilustra um veículo de passeio. Nota-se que estes ajustes são essenciais para a obtenção do melhor aproveitamento possível da banda de rolagem dos pneus, a segurança e a estabilidade do veículo. Os ajustes para o chassi de kart geralmente são adotados com valores entre $+2^\circ$ e -2° para cambagem e entre $+15^\circ$ e $+22^\circ$ para o cáster. Tais medidas são adotadas considerando-se a flexão estrutural quando o condutor do veículo assenta-se ao seu banco. Quanto maior a massa inserida no chassi, maior será a tendência destes ajustes trabalharem positivamente, fazendo com que os pneus tenham maior contato da sua banda de rolagem com a pista [4].

Figura 1-d - Alinhamento do cáster e câmbor [5].



Existe uma numeração indicada em chassis de kart que é referente ao registro de homologação junto a Federação Internacional de Automobilismo (FIA). Tal documento informa os padrões de medidas para o modelo de chassi com tolerâncias permissíveis de ajuste. A FIA determina uma série de recomendações através desta homologação, que visam estabelecer padrões para garantir a segurança e integridade física dos pilotos e também de assegurar a competitividade legítima em campeonatos. O documento de homologação tem validade de seis anos até a próxima etapa de inspeção do chassi pela FIA, sendo respeitadas todas as indicações contidas neste processo [6].

Os meios de transporte têm impacto significativo sobre a poluição atmosférica e acústica em áreas urbanas, no esgotamento de combustíveis fósseis e no efeito estufa [7]. A radiação solar é uma importante fonte de energia natural porque é renovável, livre e difundida largamente [8]. O efeito fotovoltaico, que é a base dos sistemas de energia solar para a produção de eletricidade, consiste na transformação da radiação eletromagnética emitida pelo Sol em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial por uma célula composta de materiais semicondutores. A radiação solar sofre a influência do ar atmosférico, das nuvens e da poluição antes de chegar ao solo. Os sistemas fotovoltaicos autônomos, também denominados sistemas isolados, são empregados em locais não atendidos por uma rede elétrica. Podem ser usados para fornecer eletricidade para residências em zonas rurais, na praia, no camping e em ilhas por exemplo. Sistemas autônomos também encontram aplicação na iluminação pública, na sinalização de estradas, na alimentação de sistemas de telecomunicações e no carregamento de baterias de veículos terrestres, náuticos e aeroespaciais. Um sistema fotovoltaico autônomo é geralmente composto de uma placa ou um conjunto de placas fotovoltaicas, um controlador de carga, uma bateria e, conforme a aplicação, um inversor de tensão [9].

Todas as funções do protótipo de automóvel movido à energia fotovoltaica em estudo eram comandadas por um microcontrolador Arduino. Um microcontrolador é desenhado e construído de forma a integrar diversos componentes num único circuito que permitem diversas funcionalidades [10]. O Arduino faz parte do conceito de hardware e software livre, e é uma plataforma de computação física, ou seja, é um sistema digital ligado a sensores e atuadores que permitem construir sistemas que percebam a realidade e respondam com ações físicas. Essa plataforma é baseada em uma simples placa de

entrada e saída microcontrolada e desenvolvida sobre uma biblioteca, que simplifica a descrição da programação em C/C++. O Arduino pode ser usado para desenvolver artefatos interativos stand-alone ou conectados ao computador através de softwares, por exemplo, Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data ou SuperCollider. Ele é capaz de interpretar variáveis no ambiente e transformá-las em sinal elétrico correspondente através de sensores ligados aos seus terminais de entrada e atuar no controle ou acionamento de algum outro componente eletroeletrônico conectado ao terminal de saída. Portanto, é uma ferramenta de controle de entrada e saída de dados que pode ser acionada por um sensor e que logo após passar por uma etapa de processamento, o microcontrolador pode acionar um atuador, por exemplo, um motor [11].

O automóvel em questão utilizava um motor de partida para a locomoção. O motor de partida, conforme figura 1-e, é um motor elétrico de corrente contínua responsável por transformar a energia elétrica da bateria em energia cinética para a partida do automóvel. O princípio de funcionamento do motor de partida é transferir seu giro ao motor de combustão através de um acoplamento até que este atinja uma velocidade mínima para as primeiras explosões e passe a funcionar de forma independente. Durante o funcionamento, o conjunto de solenoide é alimentado com cargas positivas, proveniente da chave, puxando o conjunto pistão e garfo, que por sua vez desliza o conjunto do pinhão até acoplar com a cremalheira, ao mesmo tempo o solenoide fecha o circuito principal energizando a bobina e o rotor através das escovas, criando um campo magnético e assim o movimento de rotação. Os mancais são peças importantes e de precisão, pois eles conservam o rotor centralizado e muito próximo da bobina sem que se encostem e assim garantem o torque necessário para impulsionar o motor do automóvel [12].

Figura 1-e – Componentes do motor de partida: 1 - Mancais, 2 – Conjunto do pinhão, 3 - Rotor, 4 - Bobina, 5 - Escovas, 6 – Conjunto de solenoide [12].



Algo relevante para o presente trabalho é o material empregado na confecção de chassis de kart. Tubos de aço com cromo e molibdênio com espessura de parede de 2 mm e diâmetro entre 30 e 32 mm são soldados geralmente pela técnica MIG (Metal Inert Gas). O aço Cr-Mo foi desenvolvido para aplicações em altas temperaturas e pressões, e que necessitam de extrema resistência mecânica, não sofram fluência e nem tampouco fragilização por ciclos longos de trabalho. Os aços Cr-Mo são usados na condição normalizada ou temperada e revenida com resistência mecânica variando de 590 a 940 MPa [13].

O intuito dos estudos descritos nesse artigo é de substituir o atual chassi do automóvel movido à energia fotovoltaica por um mais leve e com maior resistência e também correlacionar a estrutura e o desempenho do automóvel com o novo chassi, aplicando os conteúdos estudados durante o curso de engenharia mecânica até o presente momento nas modificações necessárias. Desta maneira, torna-se possível relacionar os benefícios obtidos com a substituição do chassi de madeira por um de minikart feito em aço. Pretende-se também restaurar as funções que foram interrompidas para que seja possível seu funcionamento prático e assim prosseguir com os estudos de análise de tensões. Com o automóvel em movimento é possível obter dados das oscilações causadas por desníveis na pista. Um grupo de alunos, cujo projeto é desenvolver o sistema de suspensão para este mesmo automóvel, interagiu com o presente trabalho. Através de cálculos e análises de tensões, pretende-se também definir o modelo aerodinâmico de chassi ideal para este automóvel, que seja capaz de reduzir vibrações, bem como apresentar eficiência aos objetivos principais do automóvel movido à energia fotovoltaica, que é a relação entre a redução do consumo de energia e o maior tempo de funcionamento, e assim substituir o consumo de combustíveis fósseis por energia renovável.

2 METODOLOGIA

Foi adquirido um modelo de chassi tubular de minikart cuja massa é de 12,7 kg, conforme figura 2-a.

Figura 2-a - Modelo de chassi tubular de diâmetro de 25,4 mm



Conforme figuras 2-b e 2-c, observa-se a região demarcada em vermelho no documento de homologação da FIA para o presente chassi, do item 1 ao 6, indicado pela letra B. Esta região informa a dimensão de 32 mm que refere-se ao diâmetro do tubo, com tolerância de $\pm 0,5$ mm, indicada na região em azul. Na mesma área demarcada em vermelho há as siglas de identificação de C a G2 com recomendações de dimensões, as tolerâncias de ajustes são vistas na área demarcada em azul. Desta maneira, foi possível ajustar e desenvolver a montagem dos demais elementos do automóvel com foco de estudo nas forças transmitidas ao chassi e suas reações.

Figura 2-b – Padrão FIA de dimensões do chassi [6]

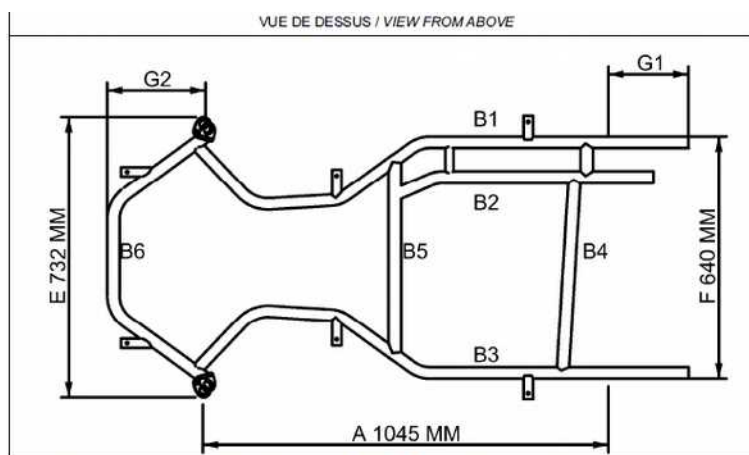


Figura 2-c – Tabela FIA de dimensões [6]

B	COTES	B	DIMENSIONS
1. Cadre	1. Frame	Données	Tolérances
		Data	Tolerances
A= Empattement mesures fixes	A= Wheel base fixed measurements	1045	+/- 10mm
B= Tubes principaux de la structure, diamètre minimum 21mm, d'une longueur supérieure à 150mm, à l'exception des tubes d'un diamètre inférieur à 21mm et tous les supports pour les accessoires.	B= Main tubes of the structure, minimum diameter of 21mm, length over 150mm, except tubes with a diameter of less than 21mm and all the supports for the accessories.	1) 32 2) 32 3) 32 4) 32 5) 32 6) 32 7) 8) 9) 10)	+/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm
C = Nombre de courbes dans les tubes de Ø supérieur à 21mm	C = Number of bends on the tubes with a diameter greater than 21mm.	9	-----
D = Nombre de tubes ayant un Ø supérieur à 21mm	D = Number of tubes with a diameter greater than 21mm	6	-----
E = Largeur avant extérieure	E = Outer front width	732	+/- 10mm
F = Largeur arrière extérieure	F = Outer rear width	640	+/- 10mm
G1 = Porte-à-faux arrière des tubes principaux (obligatoire)	G1 = Rear overhang for the main tubes (mandatory)	210	+/- 15mm
G2 = Porte-à-faux avant du tube principal	G2 = Front overhang for the main tube	260	+/- 10mm
Remarque / Remark: Dans les points B, C et D, seuls les tubes principaux d'une longueur supérieure à 150 mm sont à prendre en considération à l'exclusion tous les supports pour accessoires. In points B, C and D, only the main tubes of a length of more than 150 mm are to be taken into consideration, excluding all supports for accessories.			

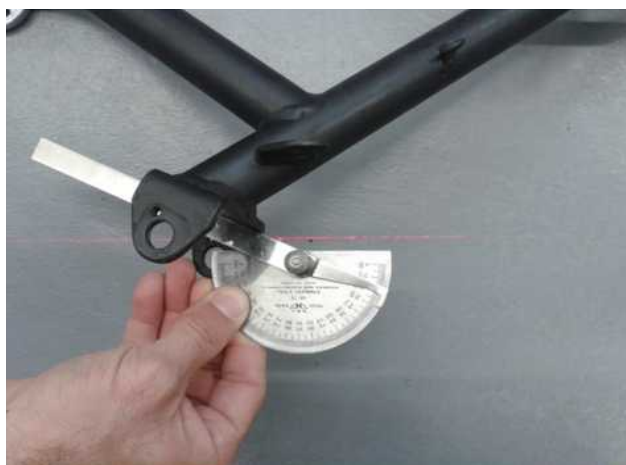
Para que a suspensão dianteira confeccionada pelo grupo que interagiu com o presente trabalho pudesse ser acoplada ao chassi, o ângulo do apoio da base foi corrigido com o auxílio de um alinhador a laser Decortools. Conforme figura 2-d, as arestas laterais foram utilizadas como referência no sentido da traseira para a dianteira.

Figura 2-d – Alinhador a laser utilizado para a correção do ângulo de apoio da base.



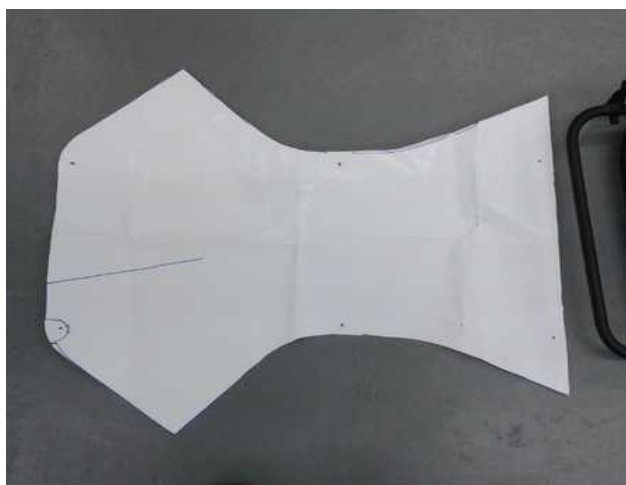
Conforme figura 2-e, com o feixe de laser devidamente posicionado, foi utilizado um goniômetro da Nishimura Keiki Manufacturing para obter a referência do ângulo. Após isto, foi feito o desenho do dispositivo de correção e providenciada sua confecção.

Figura 2-e - Goniômetro utilizado para obter a referência de ângulo.



A confecção do assoalho foi iniciada com o processo de molde, para isto foi utilizado uma folha de papel couchê de formato A1 e um marcador esferográfico. O papel foi posicionado abaixo do chassi e marcado manualmente, conforme figura 2-f, e após esta etapa o molde foi estampado em chapa de alumínio recalcado com espessura de 3,2 mm. O corte da chapa foi realizado com guilhotina e fez-se o uso de limas chatas bastardas e murças para retirar os cantos e as rebarbas residuais.

Figura 2-f – Confecção do molde do assoalho para o chassi.



O eixo traseiro foi usinado em aço carbono 1045 e biapoiado em mancais de rolamento modelo FL 205 da FRM (Fábrica de Rolamentos e Mancais Ltda.) e fixados nos apoios do chassi com parafusos Allen e porcas M12. As rodas traseiras foram fabricadas especialmente para serem encaixadas nas pontas de eixo através de tubos de centro com diâmetro de 19,05 mm. O eixo recebeu furos passantes M6 para travamento dos cubos com pino elástico. Para realizar a transmissão de potência entre o motor de partida e a coroa foi usinado um cubo de suporte com furo passante e ajustado ao eixo. Após isto, foi alinhado o ponto correto de interligação com o pinhão do motor elétrico, realizado um furo passante e fixado o cubo. Foi usinado o cubo de direção, onde se introduziu rolamentos SER204-12. O travamento do cubo na coluna de direção foi realizado através de pinos Allen. A barra de direção foi usinada em aço-carbono 1045. Após isto, esta mesma barra de direção foi fixada no mancal de apoio do chassi através de parafusos Allen M6. Foi usinado um cubo para receber o volante e feito um furo central para o encaixe da barra de direção. O ajuste entre o cubo e a barra foi realizado com interferência e travamento através de pinos. Duas hastes foram fixadas nas laterais do cubo de direção e soldadas nas buchas deslizantes da travessa inferior. A etapa de soldagem foi realizada pelo processo a arco elétrico, produzido entre um eletrodo revestido e a peça submetida. Os braços do sistema de direção foram usinados em aço carbono 1045, acoplados a terminais rotulares e interligados entre a barra de direção e as mangas de eixo dianteiras.

As rodas dianteiras foram fabricadas com cubos especialmente preparados para receber rolamentos de esfera rígidos da série 6003. Após a montagem dos rolamentos nas rodas, as mesmas foram instaladas nas mangas de eixo dianteiras e travadas com arruelas e porcas M14. O assento foi adquirido através de uma cadeira comumente usada no cotidiano, pois ele possui dimensões próximas ao assento original de kart, o qual teve sua estrutura metálica retirada, centrada no corpo do chassi e parafusada nas barras de apoio com parafusos M5 de cabeça tipo fenda. Tinta do tipo spray Colorgin Metallik (cromado, ouro e preto-fosco), lixa para metal grana 100 e fita crepe para isolar as peças foram utilizadas na fase de pintura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de cálculos realizados no decorrer do semestre anterior na disciplina “resistência dos materiais A”, havia sido definido o alumínio como o principal material para a construção do chassi por sua massa específica ser cerca de um terço da do aço. Portanto, considerou-se que a diferença entre as massas específicas destes materiais influenciariam o desempenho do automóvel movido à energia fotovoltaica, mesmo utilizando pouca quantidade de material para a confecção do chassi, visto que é uma estrutura tubular. Porém, foi determinado o uso do aço para esta etapa por apresentar menor custo e maior versatilidade para o processo de montagem, além de possuir elevada dureza e resistência à tração superior, quando comparado ao alumínio. Conforme figuras 3-a e 3-b, o chassi adquirido foi devidamente desenhado com o uso do software SolidWorks, que encontra-se em uso durante a disciplina “desenho B”.

Figura 3-a - Modelo de chassi tubular de diâmetro de 25,4 mm.

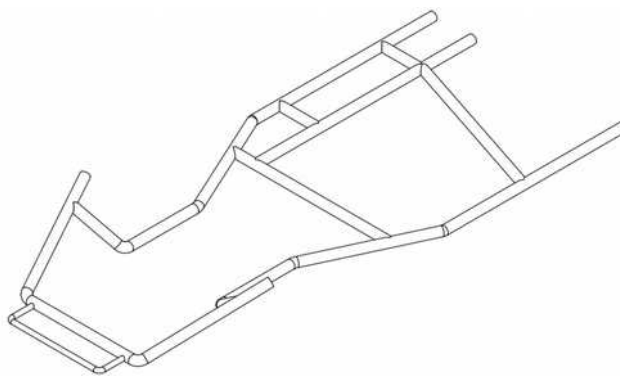


Figura 3-b - Esquema do chassi desenhado em mm, em três vistas.

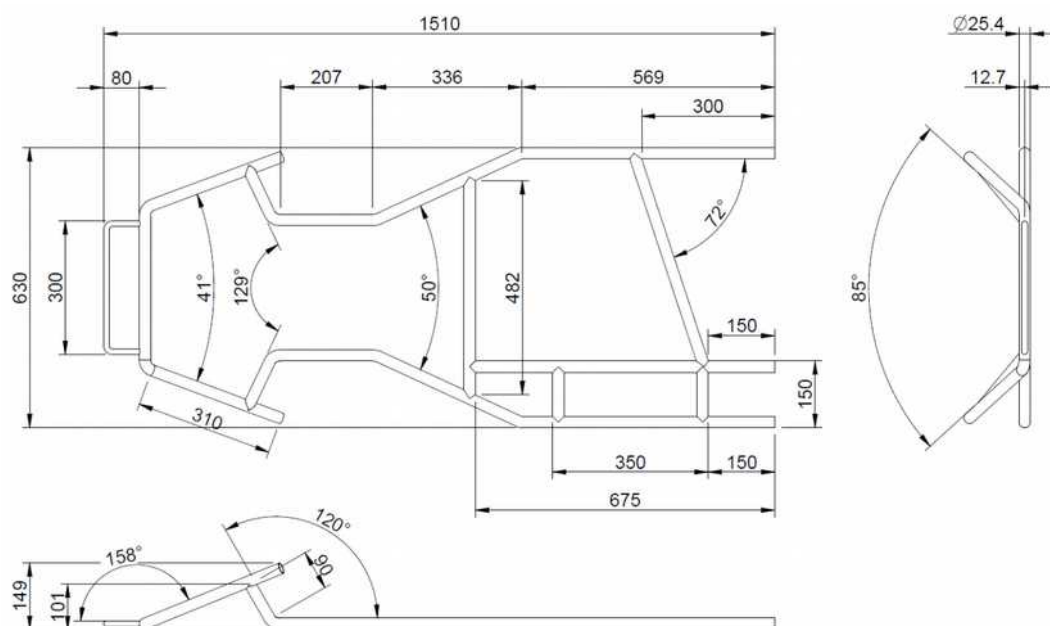


Figura 3-c - Montagem do assoalho no chassi após os ajustes



Conforme figura 3-c, a montagem do assoalho no chassi necessitou de alguns ajustes como a dobra da chapa nas extremidades da posição dianteira, e em seguida, a chapa foi encaixada e parafusada no chassi.

Para a correção do ângulo de apoio da base, obteve-se a confirmação do grau a ser corrigido nos eixos “x” e “z” do sistema de coordenadas no plano cartesiano, onde, no eixo “x”, a correção foi de 25° e no eixo “z” de 10°. Conforme figura 3-d, o eixo traseiro foi usinado com diâmetro de 19 mm e comprimento de 950 mm.

Figura 3-d – Eixo traseiro.



Conforme figura 3-e, o cubo de suporte foi usinado com furo passante de 19 mm. O cubo de direção, conforme figura 3-f, foi usinado com diâmetro externo de 55 mm e interno de 19 mm.

Figura 3-e – Coroa e mancal do eixo traseiro.



Figura 3-f - Cubo de direção.



Conforme figura 3-g, a barra de direção foi usinada com 19 mm de diâmetro e 550 mm de comprimento. O cubo utilizado para receber o volante foi usinado com 40 mm de diâmetro. As duas hastes fixadas nas laterais do cubo de direção possuem dimensões de

8 mm de largura e 32 mm de comprimento. Os braços do sistema de direção foram usinados com 12,7 mm de diâmetro e 320 mm de comprimento, os terminais rotulares utilizados para acoplar os braços do sistema de direção têm 8 mm de comprimento.

Figura 3-g - Braços de direção.



Os rolamentos utilizados nas rodas dianteiras possuem dimensões de 35 mm de diâmetro para o anel externo e 17 mm de diâmetro para o anel interno. Conforme figura 3-h, é ilustrado o assento devidamente fixado no chassi.

Figura 3-h - Assento acoplado ao chassi.



O motor de partida utilizado no presente trabalho foi retificado a fim de reparar os danos causados pelo desgaste natural de seu uso. Durante este processo, fez-se um furo em um dos mancais para travar o conjunto de pinhão e assim fixar a engrenagem para evitar o seu deslocamento. As cavidades do rotor foram limpas e lubrificadas, assim como o conjunto de solenoide e o suporte das escovas, pois resíduos impediam o contato elétrico entre o rotor e as escovas. Além disso, a parte estriada do conjunto de pinhão foi usinada para o acoplamento da engrenagem. Na instalação do motor de partida, foi desenvolvido um suporte para a centralização do eixo do mesmo.

Conforme figura 3-i, a tinta spray de cor ouro foi aplicada nos cubos das rodas e no assento do automóvel, e o cromado foi empregado em todas as peças usinadas, criando uma camada anticorrosiva para a proteção dos componentes.

Figura 3-i – Pintura do protótipo finalizada.



Durante o período de construção do automóvel ocorreu a 30ª edição da Semana das Engenharias na Universidade Braz Cubas. Neste evento acadêmico foi realizada uma palestra sobre energia fotovoltaica ministrada pelo orientador deste projeto, que é também um dos autores desse artigo. Durante a palestra foi mostrado que todo projeto deve verificar os seus impactos ambientais. Seguindo este contexto foram apresentados alguns exemplos de projetos que desprezaram o planejamento, como por exemplo, hidrelétricas e mineradoras nacionais que causaram desastres ambientais e que ainda são sentidos os efeitos proporcionados pela ambição. Prosseguindo com o tema, foram citadas as burocracias e dificuldades enfrentadas no Brasil para a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, além do imenso trabalho da sociedade para converter a corrente alternada em corrente contínua, visto que muitos equipamentos usam o modo contínuo. Foi observado o custo-benefício da instalação de painéis fotovoltaicos, que se tornam muito atraentes quando aplicados em áreas amplas. Pesquisas e melhorias desta tecnologia vêm tornando o valor dos painéis fotovoltaicos mais acessíveis a todos. Nesta palestra foram citados alguns dispositivos que utilizam corrente contínua, (e.g. lâmpadas, celulares, televisores, computadores portáteis, parquímetros e veículos híbridos), porém a maior parte destes itens deve ser importada, visto que não há produção nacional. Foi apresentado então um projeto que pretende fabricar, no Brasil,

equipamentos convencionais que utilizam corrente contínua. Por fim, foi visto a necessidade de difundir ainda mais a energia fotovoltaica. Desta maneira, foram citados projetos existentes para a aplicação deste assunto em escolas, universidades, para profissionais, pessoas interessadas e até mesmo para alunos de pós-graduação. Este evento foi extremamente importante para o projeto em questão, pois trouxe estratégias para solucionar impactos e danos gerados pela falta de conhecimento.

4 CONCLUSÕES

O presente artigo descreve atividades práticas e de pesquisa que foram realizados durante um semestre letivo da Universidade Braz Cubas. O método de ensino nessa instituição foi modificado recentemente, e uma das maiores mudanças foi a inserção da disciplina "Projeto Integrador" em todos semestres. Essa disciplina é extremamente importante e têm permitido a ligação entre ensino, pesquisa e extensão. As atividades aqui descritas são uma dessas ligações e a continuidade desse método de ensino já tem permitido a evolução significativa desses trabalhos.

Para futuros estudos, pretende-se simular mais detalhadamente as tensões sofridas pelo chassi e suas reações através do software SolidWorks. Desta maneira, será possível ajustar a estrutura e desempenho do automóvel e também entender as forças que atuam no material através da aplicação do conteúdo estudado na disciplina "Resistência dos Materiais B". A suspensão produzida pelo grupo que interagiu com este projeto não foi unificada ao chassi de kart. Visando a redução de massa do automóvel movido à energia fotovoltaica, foi estabelecido um acordo entre as equipes e verificou-se que desta maneira existe um melhor desempenho do protótipo.

Um detalhe importante observado durante a disciplina "Eletrotécnica e Eletrônica" sobre o motor de partida é o controle da corrente elétrica que o alimenta, onde o seu consumo de corrente é muito elevado. Desta maneira torna-se mais adequado realizar a sua substituição por um motor de corrente contínua compatível com a aplicação exigida. Um servo motor é o ideal para esta substituição, visto que foi projetado para operar com altas e baixas rotações e inversões. Além disto, este motor pode ser comandado por um microcontrolador. O sistema lógico deve ser reimplantado para comandar as funções de inversão de rotação para marcha à ré, controle de autonomia da bateria, informações

sobre velocidade e temperatura. Também é necessária a instalação de um sistema de freio a disco através de um cubo travado no eixo traseiro.

5 REFERÊNCIAS

- [1] COSTIN, Michael; PHIPPS, David. **Racing and Sports Car Chassis Design**. 2 ed. Cambridge: R. Bentley, 1967. 1 p.
- [2] MAT, Mohd Hanif; GHANI, Amir Radzi Ab. **Design and Analysis of 'Eco' Car Chassis**. Procedia Engineering, Malaysia, p. 1756-1760, 2012.
- [3] FLATOUT. **Como funciona um Chassi de Kart Profissional**. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/como-funciona-um-chassi-de-kart-profissional/>>. Acesso em: 02 nov. 2016.
- [4] AUTO MONOBLOCO JPA. **O que é Camber e Caster**. Disponível em: <<http://www.monoblocorio.com.br/camber-caster.html>>. Acesso em: 19 nov. 2016.
- [5] PROJETO: CHARGER SETECINCO. **Especial preparação Dodge V8**. Disponível em: <<http://chargersetecinco.blogspot.com.br/2016/10/especial-preparacao-dodge-v8-dart.html>>. Acesso em: 21 nov. 2016.
- [6] COMMISSION INTERNATIONALE DE KARTING. **Homologation Form**. Disponível em: <<http://www.crkart.fr/chassis/liste/cik158ch14.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.
- [7] RIZZO, G. et al. **Converting Conventional Cars in Mild Hybrid Solar Vehicles**. IFAC Proceedings, Italy, v. 44, p. 9715-9720, jan. 2011.
- [8] PISANTI, Cecilia. **Design and Energetic Evaluation of a Mobile Photovoltaic Roof for Cars**. Energy Procedia, Italy, v. 81, p. 182-192, dez. 2015.
- [9] VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1 ed. São Paulo - SP, Brasil: Editora Érica Ltda., 2013. 41-102 p.
- [10] ESCOLA NAVAL. **Arduino - introdução e recursos avançados**. Disponível em: <https://www.academia.edu/7400324/arduino_-_introdução_e_recursos_avançados>. Acesso em: 03 out. 2016.
- [11] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Mini curso Arduino**. Disponível em: <<http://eletrica.ufpr.br/~james/laboratorio%20v/arquivos/mini%20curso%20arduino.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016.
- [12] OFICINA BRASIL. **Motor de Partida**. Disponível em: <http://oficinabrasil.com.br/hotsites/gm/mar_11.pdf>. Acesso em: 02 out. 2016.
- [13] UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Soldabilidade de alguns materiais**. Disponível em: <<http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/soldabilidade.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2016.