

## MODIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DIREÇÃO DE UM CARRO DE GOLFE

LAYLA MUNIQUE DE CARVALHO<sup>1</sup>

LEONARDO GERALDO LEITE<sup>2</sup>

ARTHUR GARCIA LAGE<sup>3</sup>

TARCÍSIO GONÇALVES BRITO<sup>4</sup>

JEAN CARLO CESCO PERREIRA<sup>5</sup>

### RESUMO

O sistema de direção desempenha uma função muito importante em um veículo, no entanto para realizar os procedimentos para automatizar um carro de golfe elétrico tornou-se necessário executar uma modificação no sistema de direção. Essa modificação consistiu na fixação de um motor de passo no interior do veículo e no desenvolvimento de um sistema de acoplamento e desacoplamento do volante. Esse sistema tem a função de desconectar o volante quando a direção automática estiver acionada e acoplar quando necessário a intervenção do condutor. Os processos de fabricação usados para construção desse projeto foram usinagem por torneamento, fresamento, furação e soldagem. Os elementos de fixação como parafusos e rebites e também peças, como as molas, arruelas e polias de alumínio, entre outras foram usadas para compor o sistema. Mediante aos procedimentos realizados, os resultados obtidos mostraram que a modificação projetada foi eficiente para tornar o sistema de direção com dupla função de operação, sendo possíveis primeiros testes sem condutor.

**Palavras-chave:** Modificação. Barra de direção. Carro de golfe. Processos de fabricação.

<sup>1</sup> layla.munIQUE@gmail.com

<sup>2</sup> leog.leite@hotmail.com

<sup>3</sup> arthurlage@hotmail.com

<sup>4</sup> tgbrito@unifei.edu.br

<sup>5</sup> cescon@unifei.edu.br

## MODIFICATION OF THE SYSTEM FOR THE DIRECTION OF A GOLF CAR

### ABSTRACT

The steering system plays a very important role in a vehicle, however to automate an electric golf car it has become necessary to perform a modification in the steering system. This modification consisted in the fixing of a stepper motor inside the vehicle and the development of a coupling and uncoupling system of the flywheel. This system has the function of disconnecting the steering wheel when the automatic steering is activated and coupling when necessary the intervention of the driver. The manufacturing processes used to construct this project were machining by turning, milling, drilling and welding. Fasteners such as screws and rivets and also parts such as springs, washers and aluminum pulleys, among others were used to make up the system. Based on the procedures performed, the results showed that the designed modification was efficient to make the steering system with dual function of operation, making it possible to perform the first tests without a driver.

**Keywords:** Modification. Steering bar. Golf car. Manufacturing Processes.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva empenhou-se em desenvolver tecnologias para melhorar o desempenho dos veículos. Criação de sistemas para auxiliar o condutor em determinadas situações, como em manobras e diminuição de esforços na direção (LEE, M. H., et al., 2005).

Uma das mais importantes tecnologias desenvolvidas no setor automobilístico são os veículos automatizados, os quais possuem direção automática e fazem a função de um condutor (ZHANG, Z. et al., 2013). Para acrescentar mais estudos nessa área foi desenvolvido um projeto para automatizar um carrinho de golfe realizando modificações no seu sistema de direção.

O sistema de direção é projetado para a melhoria no desempenho do veículo, facilitando seu deslocamento e movimentação. No qual tem papel importante para o funcionamento de um veículo, diminuindo os esforços feitos pelo condutor para mover o volante (ANDERSEN, C.L., 2013). O sistema de direção é composto pela caixa de direção e pela barra de direção, que são constituídas por vários componentes.

Foi realizado um estudo de cada um desses componentes do sistema de direção para depois, realizar o projeto de modificação do carro de golfe. Utilizou-se alguns princípios abordados na Engenharia Mecânica, como os processos de fabricação por usinagem e soldagem, necessários para fabricação de peças com determinado dimensionamento e formatos de acordo com o projeto, o conhecimento sobre elementos de máquinas para as escolhas das peças e elementos de fixação.

A modificação realizada manteve as peças originais do veículo e foram adquiridas novas conforme o dimensionamento do projeto com baixo custo de aquisição e de alta precisão.

Para união de algumas peças, como as chapas para suporte e os componentes da barra de direção, serão usados processos de soldagem e elementos de fixação, como parafusos e rebites. Também alguns elementos de máquinas serão utilizados para compor a nova barra de direção, esta que tem a função de transmitir movimento do volante para à caixa de direção, possuindo um eixo no seu interior chamado de coluna de direção que suporta vários componentes

mecânicos e ligando o volante ao eixo da caixa de direção (ANDERSEN, C.L., 2013).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para a execução da modificação do sistema de direção do carro de golfe e também da fixação do motor de passo, realizaram-se estudos sobre sistema de direção e os processos de usinagem: torneamento, fresamento, furação e soldagem que foram utilizados para fabricação de peças, e por fim sobre dos elementos de fixação e os componentes usados para compor todo o sistema.

Analizou-se o carro de golfe para definir como ocorreria a modificação do sistema de direção e adaptação do motor de passo. De acordo com Andersen (2013) o sistema de direção é composto pela caixa de direção e pela barra de direção e desempenha uma função muito importante para um veículo, o motorista gira o volante que irá girar a coluna de direção e transmitir o movimento para a caixa de direção e as rodas. Andersen (2013), também destaca os dois sistemas de direção usados, a direção assistida e a manual, cada qual projetada para auxiliar o motorista e melhorar o desempenho com diferentes configurações de veículo. O carro de golfe usado possui um sistema de direção manual, no qual também enfatiza que são utilizados em veículos leves ou veículos que detêm maior distribuição de massa nas rodas traseiras facilitando o movimento da direção manual a velocidade baixa. No entanto, para modificação do sistema de direção do carro de golfe, incluiu-se novas peças usinadas por meio de processos de usinagem.

Segundo Machado et al., (2012) o processo de usinagem é uma operação que confere a peça forma, dimensões, acabamento superficial e produção de cavaco. Também considerado um processo no qual se produzem peças removendo-se o excesso de material. Ainda nesta linha de considerações, Machado et al., (2012) considera como um processo prático que envolve um número elevado de variáveis para condições de corte. Outro aspecto levantado são as principais operações de usinagem definidas como convencional, sendo que elas podem ser subdivididas em operações de desbaste e de acabamento. As operações de usinagem comumente usadas são o torneamento e o fresamento.

Segundo Diniz et al., (2014), a operação de torneamento é um processo de usinagem que rotaciona a peça em torno de um eixo para obter a superfície pretendida. Já Bezerra et al., (2008) enfatiza que o processo de torneamento utiliza ferramentas com corte em um único ponto fixo, removendo o material enquanto a peça gira ao redor do eixo. Destaca-se três parâmetros importantes para a usinagem são eles: velocidade de corte, avanço e profundidade de corte. Isso vem ao encontro de Trent (1989) que concluiu que o produto desses três parâmetros ocasiona a taxa de remoção do material, sendo usada para medir a eficiência do processo de usinagem.

Já no fresamento, Ferraresi (1970) e Diniz (2014) refere-se como um processo de usinagem mecânico, o qual obtém superfícies desejadas das peças através de ferramentas multicortantes e com tipos diferentes usado de acordo com a usinagem. No caso desse projeto o tipo de fresamento usado foi o de topo. Segundo Marcelino et al. (2004) o fresamento de topo possui emprego na área de ferramentaria, sendo muito usada nas indústrias automotivas, as fresas de topo possuem cortes tanto em seu contorno como em sua superfície, sendo possível realizar cortes nessas duas regiões. Além disso, também foi utilizado o processo de furação em algumas peças, que segundo Borba (2016) é um processo utilizado afim de obter furos cilíndricos em determinadas peças com o uso de ferramentas multicortantes.

Para unir algumas peças, depois de usinadas por torneamento, fresamento e furação, foi usado o processo de soldagem. No caso do processo de soldagem Marques et al., (2009) considera-o como um processo de fabricação sem remoção de cavaco, no qual é definido como um processo de união de peças, que também pode ser usado para recuperação de peças desgastadas ou para formação de revestimento pela deposição de material sobre a superfície. Para este projeto o processo de soldagem utilizado foi a soldagem TIG que conforme Wainer et al., (2013) é frequentemente usado em ligas de alumínio e aços inoxidáveis quando se exige mais qualidade da solda, no qual um arco elétrico que funciona como fonte de calor é mantido entre um eletrodo não consumível e a peça, realizando a soldagem com ou sem metal de adição. Já de acordo com Schwedersky (2015), a soldagem TIG convencional apresenta baixa produtividade e baixa velocidade. No entanto,

para esse projeto, a soldagem TIG convencional foi usada pela necessidade ter uma melhor qualidade na solda do que produtividade.

Além da soldagem utilizada para unir algumas peças, também foram utilizados os elementos de fixação que segundo Franceschi et al., (2014) são divididos em elementos de fixação móveis e permanentes usados para à união de peças em equipamentos, máquinas ou construção mecânica. Os elementos de fixação permanente são os rebites e soldas, já os de fixação móveis são parafusos, porcas, arruelas entre outros. Alguns dos elementos de fixação móveis serão usados para fixar determinadas peças.

As peças usadas para compor toda a modificação são consideradas elementos de máquinas, algumas utilizadas foram molas, eixo de transmissão e polias de alumínio. Franceschi et al., (2014) considera que molas são elementos de máquinas com a função de armazenar energia, absorver e amortecer vibrações, como também exercer forças e proporcionar flexibilidade. Outra consideração levantada é sobre os elementos de transmissão, mais específico o eixo de transmissão, que tem à capacidade de suportar outros componentes mecânicos e composto por aço-níquel muito utilizado em veículos e máquinas. Já no caso das polias de alumínio, Zhang et al., (2015) assegura que estão conquistando muito espaço no mercado automobilístico, por apresentar um peso menor em relação as outras obtendo assim um baixo consumo de energia do motor para rotacioná-la. Para esse projeto determinou o uso das polias de alumínio para diminuir o peso em vista de que o carro não é adaptado para obter um sistema de direção muito pesado.

### 3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para realizar os procedimentos foram divididos em etapas: desmontagem do sistema original, fixação do motor de passo, adição de um conjunto de polias e sistema de acoplamento e desacoplamento na barra de direção.

Foi realizado a desmontagem de todo sistema posterior ao conjunto de direção: volante, coluna de direção, suporte da coluna de direção, primeira cruzeta e segunda cruzeta com cardam quadrado.

Com a necessidade de não danificar as peças originais do veículo, essas foram guardadas e foram usinadas outras peças para o lugar e adquirido um

conjunto de polias de alumínio sincronizadas e especificadas como 80 XL 100 e 20 XL 100.

No entanto, a primeira etapa do procedimento foi dimensionar e usinar o suporte de fixação para o motor de passo. Onde foi parafusado uma chapa base no chassi do veículo, depois parafusou-se outra chapa para funcionar como uma chapa de regulagem. Sobre essa chapa de regulagem foram soldadas chapas para servirem como base do suporte e por fim foi parafusada uma chapa em contato com o motor, mantendo ele fixo no determinado local, conforme figura 1.



Figura 1: Suporte de fixação do motor de passo. Fonte: Autor, 2018.

No eixo do motor foi encaixado a polia menor 20 XL 100. O suporte possui uma inclinação devido a inclinação do eixo de entrada da direção de  $15,4^\circ$  em relação ao chassi, sendo necessário encontrar o paralelismo entre as duas polias.

O veículo possui um eixo de entrada com diâmetro de 15 mm com recartilha paralelas, facilitando a adaptação da polia nesse eixo. Sendo assim, a próxima etapa foi fixar uma cruzeta na polia, onde foi soldado um flange e depois encaixados e aparafusados na parte superior da polia.

Para unir a cruzeta da barra de direção com a polia fixada ao eixo de entrada foi preciso usinar duas hastes com dimensões definidas de acordo com o diâmetro das cruzetas, elas fazem a ligação a cruzeta da barra de direção e a cruzeta fixada na polia.

A última etapa foi a montagem de um sistema de acoplamento e desacoplamento na barra de direção, com a finalidade de desativar o movimento do volante quando a direção automática do veículo for acionada. Dessa forma, a barra

de direção foi estruturada da seguinte maneira: duas hastes foram adaptadas, uma delas, definida como “haste 1”, conforme Figura 2, foi encaixada na cruzeta ficando na parte inferior da barra de direção, com um tubo de nylon parafusado na ponta para imobilizar.

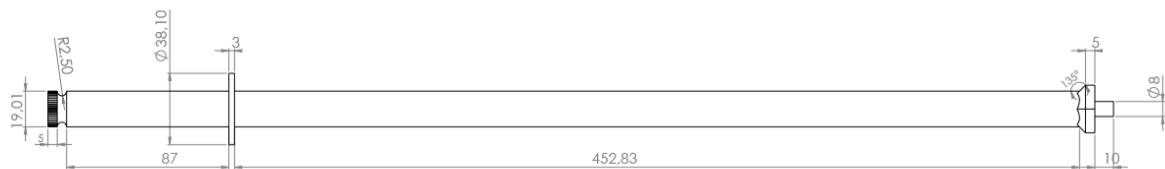


Figura 2: Dimensões da primeira haste. Fonte: Autor, 2018.

A segunda haste é colocada na parte superior da barra de direção e sua ponta estriada é encaixada ao volante, conforme figura 3. Na junção das duas hastes foi montado o sistema que acopla e desacopla o volante.

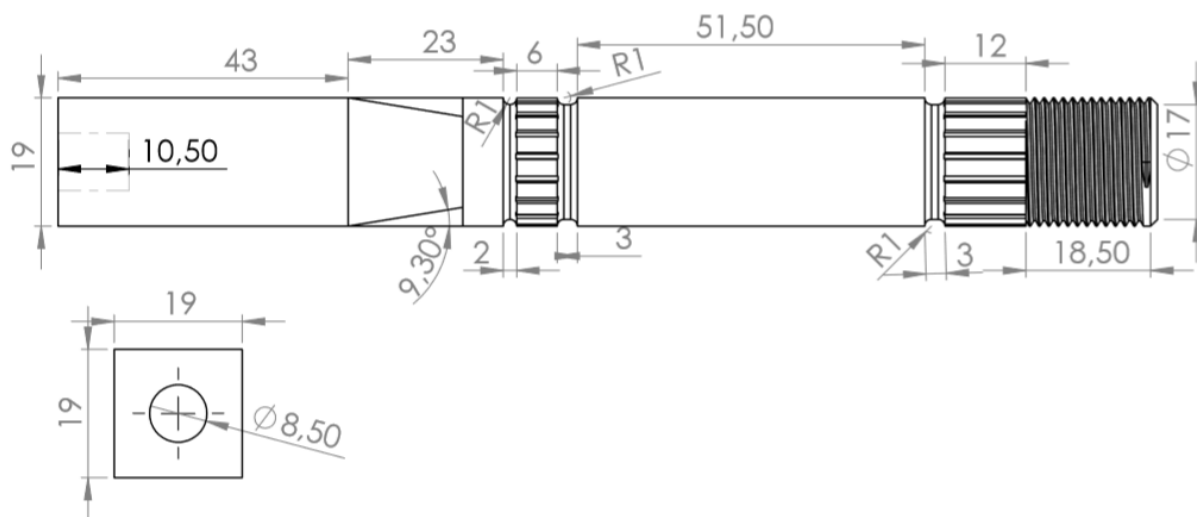


Figura 3: Dimensão da segunda haste. Fonte: Autor, 2018.

O sistema de acoplamento e desacoplamento consiste em uma mola e um soquete Belzer entre as duas hastes. Na haste 2 foi colocada uma arruela com um anel para limitar o espaço da mola. O soquete Belzer foi posicionado e encaixado em um tubo de nylon e preso por uma arruela soldada na extremidade do soquete. Para fazer parte do sistema de acionamento do volante, nesse tubo de nylon foram



usinados dois furos a 180°, colocando parafusos Allen que terão a função de acionar o sistema. O novo sistema de direção foi montado no interior da coluna de direção. Em seguida foi usinado uma chapa para ser a base da coluna de direção e parafusá-la no assoalho do veículo.

Para compor essa chapa foi soldado outras peças serem apoio e manter a coluna de direção na inclinação ideal para o condutor.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução dos procedimentos, foram obtidos os seguintes resultados:

Dimensionamento e simulação de todo o projeto no software Solid Works, conforme figura 4. Onde foi possível realizar as primeiras análises no funcionamento e verificar falhas ou problemas para evitar que ocorram na finalização do projeto.

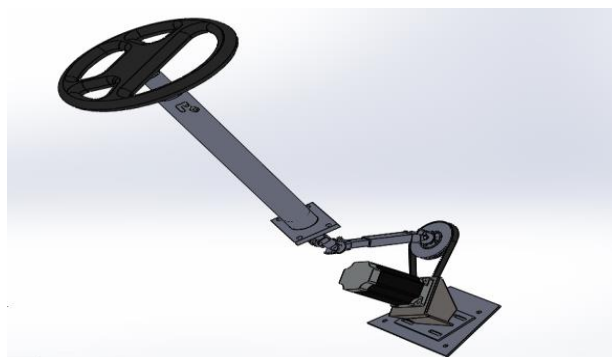


Figura 4: Montagem de toda modificação feita no veículo, pelo Solid Works. Fonte: Autor, 2018.

Montagem de toda a modificação, desde o suporte de fixação do motor até a barra de direção com o sistema de acoplamento e desacoplamento do volante, comprovando a eficiência do dimensionamento realizado e do projeto elaborado. A figura 5, mostra o detalhamento e ordem das peças no sistema de acoplamento e desacoplamento do volante.



Figura 5: Detalhamento da barra de direção. Fonte: Autor, 2018.

O sistema elaborado para acoplar e desacoplar foi testado após a montagem, conforme figura 6 demonstra a posição da barra de direção quando estiver com o volante acoplado, ou seja, com a direção manual.



Figura 6: Posicionamento das peças quando a direção for manual. Fonte: Autor, 2018.

Os resultados obtidos realçam a precisão de toda modificação realizada como também a eficiência e a simplicidade, apresentando segurança em relação à direção quando acionado o sistema automatizado durante os testes realizados, como também grande eficiência e rapidez no processo de acoplamento e desacoplamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizados os procedimentos e obtidos os resultados pode-se concluir que a modificação realizada obteve um resultado final satisfatório, comprovado nos testes. Outros pontos a serem considerados são:

- O projeto e dimensionamento elaborados de acordo com o objetivo proposto apresentaram êxito;

- Os processos de usinagem de acordo com o que foi estudado, foram executados de maneira correta conseguindo um resultado convincente e como esperado;
- As peças usinadas apresentaram grande qualidade, desempenhando melhor as funções requeridas.

Por fim, destaca-se esse projeto como inovador com a finalidade de melhorar o processo de automatização de veículos e auxiliar no avanço das pesquisas em relação aos sistemas que podem ser desenvolvidos para compor o sistema de direção de um veículo automatizado.

## REFERÊNCIAS

ANDERSEN, C. L. **Modeling, analysis and testing of the steering system in a Formula Student car FS\_UIS2013**. Stavanger. 24 de junho de 2013.

ABREU, Pedro Jorge Moreira de. **Análise e otimização dos processos de fresamento a altas velocidades no contexto de ferramentaria**. 2010. 120f. Tese de mestrado na área de Mecânica dos Sólidos e Estruturas- Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

BEZERRA, D. C.; MACHADO, I. F. **Avaliação da usinabilidade em torneamento de Aço ABNT 1045 para diferentes velocidades de corte e ferramenta**. USP. 2008.

BORBA, R. B.; RIBEIRO FILHO, S. L. M.; BRANDAO, L. C... **Influence of different types of sharpening in straight flute drills on burr formation**. Acta Scientiarum. Technology, São João del Rei, v. 38, n. 4, p.465-468, dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org.ez38.periodicos.capes.gov.br/10.4025/actascitechnol.v38i4.29222>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 6ª ed. São Paulo: Artliber Editora, p. 262, 2014.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. Ed. Edgard Blücher 1970.

FRANCESCHI, A. DE; ANTONELLO, M. G. **Elementos de máquinas**. 2014. Apostila. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria- RS.

LEE, M. H., HA, S. K., CHOI, J. Y., YOON, K. S. **Improvement of the steering feel of an electric power steering system by torque Map Modification**. 2005. Disponível em: <<https://link-springer->

com.ez38.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.1007%2FBF02916127.pdf>.

Acesso em: 16 julho 2018.

MACHADO, A. R. et al... **Teoria da usinagem dos materiais**. São Paulo: Blucher, 2012.

MARCELINO, A. P., DOMINGOS, D. C., CAMPOS, D. V. V., SCHROETER, R. B. **Medição e Simulação dos Esforços de Usinagem no Fresamento de Topo Reto de Ligas de Alumínio Tratável Termicamente 6061**. IX CREEM, Rio de Janeiro, Paper CRE04-PF25, 2004.

MARQUES, P.V., MODENESI, P. J., BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3º ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.

Normas ABNT. **“Movimentos e Relações Geométricas na Usinagem dos Metais”**. NBR

SCHWEDERSKY, M. B. **Estudo e desenvolvimento do processo TIG duplo eletrodo**. Florianópolis, Dissertação (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2015.

SCHWEDERSKY, M. B. **Um estudo da eficiência e produtividade dos principais processos de soldagem a arco**. Florianópolis, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2011.

STOETERAU, R.L. **Fundamentos dos Processos de Usinagem**. 2013. Apostila. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K., 1989, **“Metal Cutting”**. USA. Butterworth-Heinemann. 4ª ed. 2000.6162. Brasil.

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, F.D.H. de (Coord.). **Soldagem: processos e metalurgia**. São Paulo: Blucher, p. 60, 2013.

ZHANG, Q., Zhang, C., Zhang, M.J. et al. **.Int J Adv Manuf Technol** .2015. Disponível em: <<https://doi-org.ez38.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00170-015-7325-6>> Acesso em: 04 março 2018.

ZHANG, Z., CHAU, K. T., WANG, Z. **Analysis and stabilization of chaos in the electric- vehicle steering system**. IEEE. 2013. Disponível em: < <https://ieeexplore-ieee-org.ez38.periodicos.capes.gov.br/document/6297482/?part=1>>. Acesso em: 16 Julho 2018.