



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA  
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING  
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil  
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

## MODULARIZAÇÃO E INOVAÇÕES MECÂNICAS EM SISTEMAS ROBÓTICOS

Cássio Klen de Azevedo, [klen.azevedo@ufrgs.br](mailto:klen.azevedo@ufrgs.br)  
Cristian Adolfo, [cristian.adolfo@ufrgs.br](mailto:cristian.adolfo@ufrgs.br)  
Dante Augusto Couto Barone, [dante.barone@gmail.com](mailto:dante.barone@gmail.com)  
Felipe Augusto Chies, [felipe.chies@inf.ufrgs.br](mailto:felipe.chies@inf.ufrgs.br)  
Felipe Kern Micco, [felipe.kern@ufrgs.br](mailto:felipe.kern@ufrgs.br)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500,  
Instituto de Informática, setor quatro

**Resumo:** O sucesso da robótica depende de uma completa integração entre mecânica, eletrônica e computação. O projeto RoboPET - do grupo de robótica inteligente da UFRGS - visa o melhor desempenho de um time de futebol de robôs participantes da Robocup Small-size e tal integração é indispensável para o seu desenvolvimento. Esta competição se caracteriza por reunir pesquisadores do mundo inteiro a fim de compartilhar conhecimentos e criar robôs autônomos. Tais robôs possuem dimensões limitadas e devem, com inteligência artificial, emular o desempenho humano em partidas de futebol.

Inicialmente formado por estudantes de Engenharia e Ciências da Computação, a equipe RoboPET percebeu necessidade da ampliação do grupo com a pesquisa mecânica nos robôs. A motivação surgiu devido ao fraco desempenho da equipe após a experiência internacional no campeonato da Áustria no ano de 2009. Aos estudantes de Mecânica, então integrados ao grupo coube o desenvolvimento de um novo projeto mecânico realizado sobre uma proposta de sistema modular para facilitar montagens, trocas e manutenções, ideal para a rápida reparação de peças defeituosas. No conjunto de rodas do novo projeto inovou-se com a alteração do número destas de três para quatro, a transmissão acoplada em cada roda, menor número de parafusos de fixação, a inclinação das rodas para rebaixar o centro de massa e aumentar a estabilidade.

Realizaram-se estudos estruturais, procurando justificar o uso de materiais mais resistentes ou leves onde são necessários, e que possibilitaram o uso de material ecologicamente correto (PET reciclado) para a confecção da carenagem dos robôs, ao invés do acrílico usual. O sistema de amortecimento de passes, a variação da direção do chute e um “cabeceador” também fazem parte das inovações propostas pelos mecânicos do grupo. Assim, em um curto espaço de tempo, foi possível a total modificação do projeto anterior, antigo e pouco dinâmico. Todas estas inovações são responsáveis pela rápida inserção da equipe no grupo das mais desenvolvidas do cenário mundial na categoria.

**Palavras-chave:** modularização; inovações mecânicas; RoboPET; Robocup; UFRGS; futebol

### 1. INTRODUÇÃO

Para aumentar a competitividade da equipe RoboPET, coube a uma recém-criada divisão mecânica o desenvolvimento de um projeto novo, seguindo as regras gerais estabelecidas para robôs da categoria Small-size da Robocup. Marcado principalmente pela modulação de todos os mecanismos, importante para a reparação de componentes, buscou-se a realização de um projeto dinâmico e versátil que atendesse aos requisitos necessários para uma boa competitividade nos torneios. Com toda a liberdade para criação do novo time, não apenas foram realizadas alterações simples para nivelar a equipe, mas também inovações que impuseram características marcantes ao time.

No novo projeto muitas das mudanças ocorreram no sistema de movimentação. Estas se caracterizam principalmente por um conjunto de rodas, onde cada uma delas está eficientemente ligada ao seu próprio motor elétrico brushless via transmissão direta. Este conjunto foi readaptado e as rodas sofreram uma inclinação para aumentar a estabilidade do robô. Já o tipo de locomoção foi mantido através de rodas omni-direcionais, muito comuns em robôs desse tipo por permitirem movimentos simultâneos em dois eixos sem perda considerável de energia.

Incrementaram-se os novos robôs com a condução de bola - com sistema de amortecimento - e o chute, itens extremamente necessários para as competições. A condução de bola ocorre com o atrito entre esta e um rolinho de material aderente disposto horizontalmente a certa altura do chão, na frente do robô. Este rolinho está ligado a um motor

elétrico e movimenta a bola de modo a puxá-la em direção ao robô, forçando o contato contínuo entre ele e bola. Este sistema é conhecido como driblador.

O sistema de chute, composto de dois sistemas básicos, foi outra característica adicionada ao projeto. O primeiro sistema é o chute reto, que se dá através de um solenoide que, quando acionado, empurra o núcleo de encontro à bola, lançando esta paralelamente ao plano do chão. O segundo é chamado chute alto e funciona quase do mesmo modo, mas utiliza um solenoide achatado, posicionado abaixo do anterior. Este empurra uma haste de alavanca lançando a bola com certa velocidade numa direção que forma ângulo com o plano do chão.

## 2. SISTEMA MODULAR

Como uma partida de futebol de robôs é muito dinâmica é comum acontecer colisões não programadas entre os robôs. Estudando as partidas percebemos que seria essencial projetar um robô extremamente seguro sem aumentar sua robustez, já que ele tem limitações de tamanho e o aumento de sua massa seria prejudicial ao seu desempenho. Então, para que componentes eventualmente danificados por pancadas fossem trocados rapidamente, o novo projeto foi totalmente concebido sobre uma proposta de módulos. Isto torna cada peça independente da montagem do seu conjunto e os conjuntos independentes da montagem do robô.

## 3. MODIFICAÇÕES NO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO

As rodas omni-direcionais são formadas por um disco grande rodeado de discos menores em um eixo circular perpendicular ao eixo da roda, como pequenos brincois rodeados numa orelha (Figura 3.2.1). Estes discos menores são presos à roda grande por um arame que serve de eixo circular. Com esta característica, o movimento das rodas pode ocorrer em dois eixos simultaneamente sem perda significativa de energia.

### 3.1. Aumento do Número de Rodas

A primeira modificação feita no projeto atual foi o uso de quatro rodas para locomoção dos robôs, ao invés das três utilizadas anteriormente. Essa característica, presente em outros robôs semelhantes, confere maior desempenho de movimentação ao time. Apesar do aumento do consumo de energia, as quatro rodas possibilitam movimentos mais rápidos em decorrência do menor atrito desprendido e da maior potência disponível.

Outras vantagens também visíveis da aplicação das quatro rodas é a redução da vibração e a maior facilidade de locomoção em linha reta, qualquer que seja a direção adotada. Estas características se dão devido à possibilidade das rodas formarem ângulos menores entre si para que a componente vetorial responsável pelo movimento retilíneo não seja tão afetada pelas componentes laterais quanto no projeto com três rodas.

Contando com essa nova característica, o interesse inicial do projeto seria prezar pela simetria dos robôs, dando-se preferência à angulação de  $90^\circ$  entre as rodas. Esta configuração, além de contribuir para a centralização do centro de massa do sistema, o que é muito importante para a estabilidade do robô, ainda gera facilidade na hora da programação dos seus movimentos.

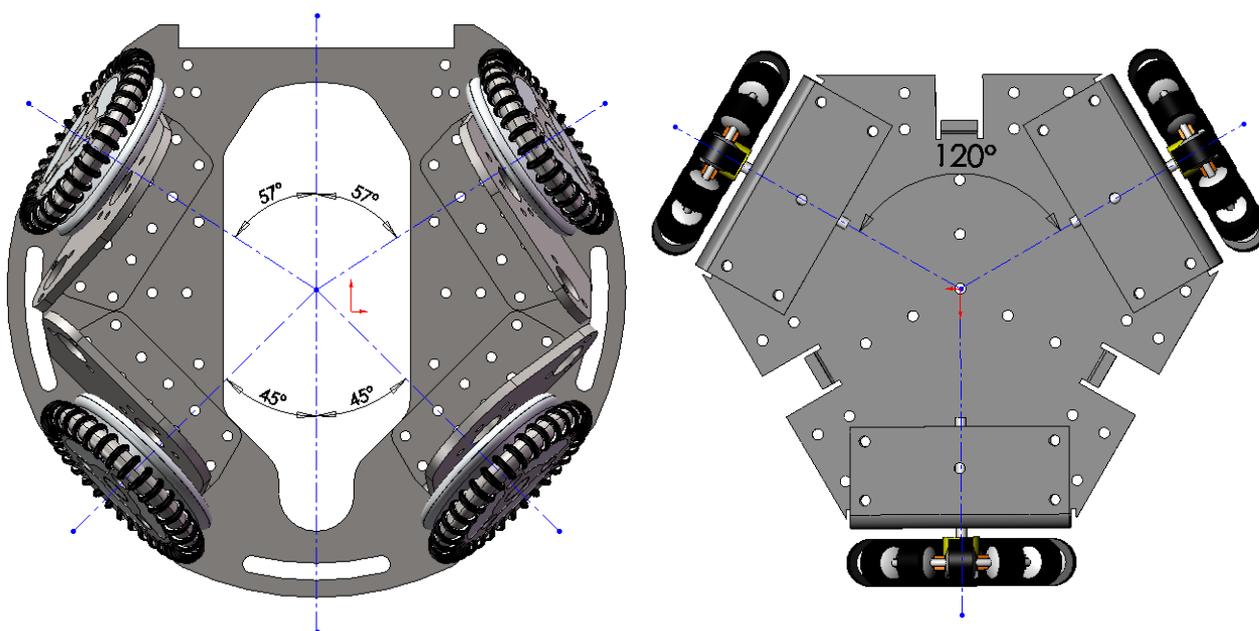


Figura 3.1.1. Ângulo formado pelas rodas no modelo novo (esquerda) e no modelo antigo.

Contudo, também é importante que haja um espaço alargado na frente do robô, onde serão posicionados os sistemas de chute e condução de bola. Assim, é necessário que se as rodas da frente sejam um pouco afastadas, deixando apenas um eixo de simetria no robô. Esta nova configuração, apesar de prejudicar um pouco o controle do seu centro de massa, ainda é muito bem visto no quesito de movimentação. Quando o robô se desloca para frente, as rodas que foram afastadas contribuem mais para a aceleração do que as com afastamento de  $90^\circ$ .

Fazendo uma compensação entre estas duas configurações, as rodas foram projetadas como na figura 3.1.1.

### 3.2. Aumento do Número de Discos Menores

Diferente do projeto antigo, em que a roda contava com 13 discos menores, o atual contém 36 delas. Com este aumento, fica obrigatório o emprego de discos com espessuras menores que as usadas antes. Deste modo, o comprimento do arame que segura os discos será realmente ínfimo dentro dos discos, aproximando-se de uma reta. Esta alteração contribui para o melhor deslizamento dos discos sobre o eixo, evitando a possibilidade de haver desprendimento de energia caso algum deles tranque.

Esta alteração também possibilita maior aderência das rodas do robô ao chão, já que a trepidação em decorrência do giro delas será muito menor. Isto se dá devido à grande aproximação entre discos consecutivos. A figura a seguir (Figura 3.2.1) mostra que a amplitude de variação no movimento de rotação das rodas é bem menor no projeto atual em comparação ao anterior.

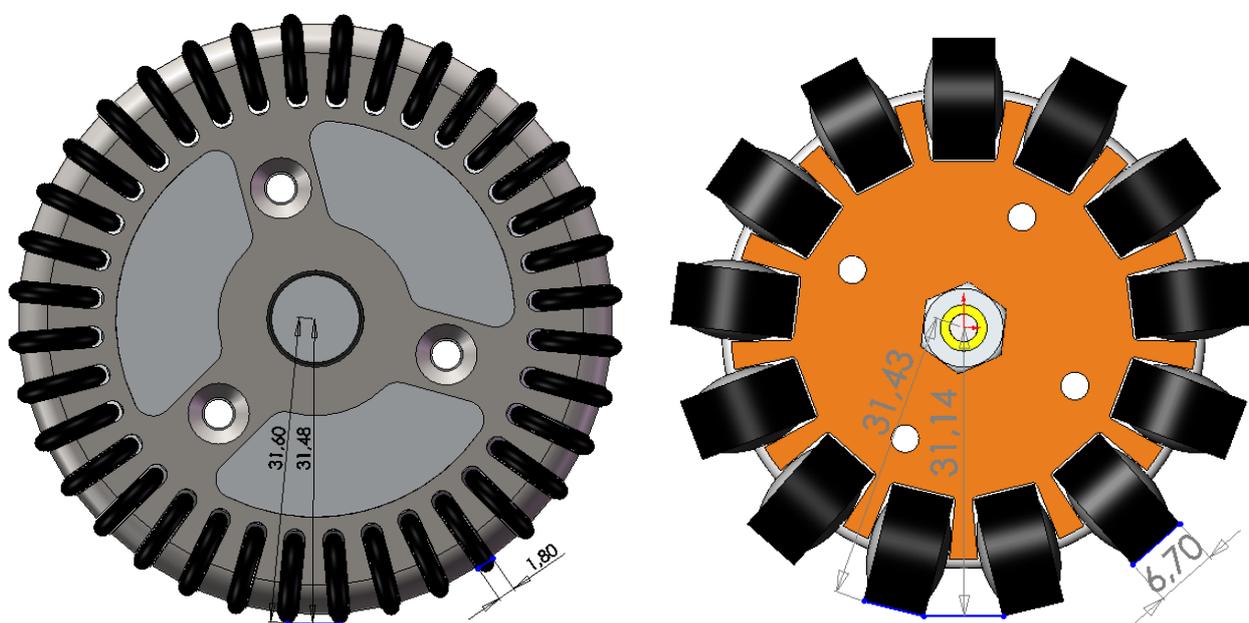


Figura 3.2.1. Comparação entre a nova roda omni-direcional (esquerda) e a antiga.

Outro fato importante diz respeito à análise de esforços na roda do robô. Para tal, supõe-se que dois discos estão em contato com o chão em um dado momento (já que os esforços quando apenas um estiver no chão serão os mesmos em ambos os projetos). Sabe-se que os discos distam entre si, no projeto com 13 disco, um ângulo de  $\alpha = 360/13 = 27.69^\circ$ , enquanto no projeto de 36 discos, estes distam entre si  $\theta = 360/36 = 10^\circ$ . Deste modo, os esforços aplicados nas rodinhas serão diferentes conforme o projeto adotado.

No projeto com 13 rodas, temos um grande esforço distribuído ao eixo que segura os discos, e ainda um esforço que ocorre na direção axial dos discos. Na roda atual, com 36 discos, observa-se um esforço ainda maior no eixo, mas agora com esforço muito menor na direção axial dos discos.

Dos dois esforços aplicados aos discos, o esforço que ocorre no arame, além de estar aplicado a uma peça de aço muito resistente, aplica força de atrito de forma controlada nos discos, como numa bucha. Já o esforço axial nos discos, além de aplicado na peça de alumínio da roda, que é mais frágil, será mais prejudicial em relação ao deslizamento dos discos por causa do torque gerado pela força de atrito. Assim, fica evidenciada a vantagem de se utilizar um número maior de discos no projeto, já que será facilitado o deslizamento destes e, conseqüentemente, será melhor a movimentação do robô.

### 3.3. Inclinação Lateral das Rodas

Em vista da possibilidade do grupo contar com motores de 50 W, ao invés dos usuais motores de 30 ou 20 W, deixou-se um pouco de lado a preocupação por velocidade e aceleração do robô e deu-se mais atenção ao aumento de estabilidade do mesmo. Pensando nisto, foi feita uma das mudanças mais marcantes do projeto da equipe: a inclinação das rodas dos robôs (Figura 3.3.1).

O objetivo principal desta alteração é conseguir afastar ao máximo do centro os pontos de contato entre as rodas do robô e o chão, diminuindo as chances de tombamento que poderão surgir das grandes acelerações causadas pelos potentes motores. Outra consequência importante da inclinação das rodas é o ligeiro rebaixamento do centro de massa do sistema, buscado por todas as equipes da competição por aumentar também a estabilidade dos robôs. A inclinação das rodas permite que o ponto de contato entre a roda e o chão esteja limitado apenas pelo raio utilizado nos discos. Este ângulo também dependerá do diâmetro total da roda utilizada, sendo que quanto maior este ângulo, maior terá que ser a inclinação para caber nas limitações dadas pela competição.

Contudo, o aumento da estabilidade causado pela inclinação lateral das rodas do robô ocorre em detrimento da perda do torque (componente perpendicular ao plano o chão). Esta perda será dada pelo seno do ângulo de inclinação das rodas, que, neste caso, é de  $9.34^\circ$  e também pela redução da distância entre o ponto de aplicação do torque na roda e o contato desta com o chão. Logo, vemos que a perda será de ínfimos 2 %. Isso é irrelevante comparado ao ganho de estabilidade do robô, sendo muito vantajosa tal mudança estrutural.

No intuito de preservar a proposta inicial de modulação do projeto, foram feitas alterações nas estruturas das rodas. A sustentação delas, no ângulo de  $9.34^\circ$ , será feito com uma peça que fica sobre o chassi do robô (Figura 3.3.1). Enquanto muitas equipes designam o próprio chassi para esta tarefa, aqui poderá ser feita a desmontagem do sistema completo de rodas com a simples retirada de alguns parafusos. O sistema de rodas (roda, motor, encoder e engrenagens) estará todo sustentado por esses suportes. Pela exigência de estabilidade, resistência mecânica é indispensável nestas peças. Por isso, constituem-se de chapas de aço carbono, com 2.5mm de espessura, encruadas no ângulo de inclinação das rodas, proporcionando as propriedades mecânicas do aço carbono e ainda mais rigidez na dobra.

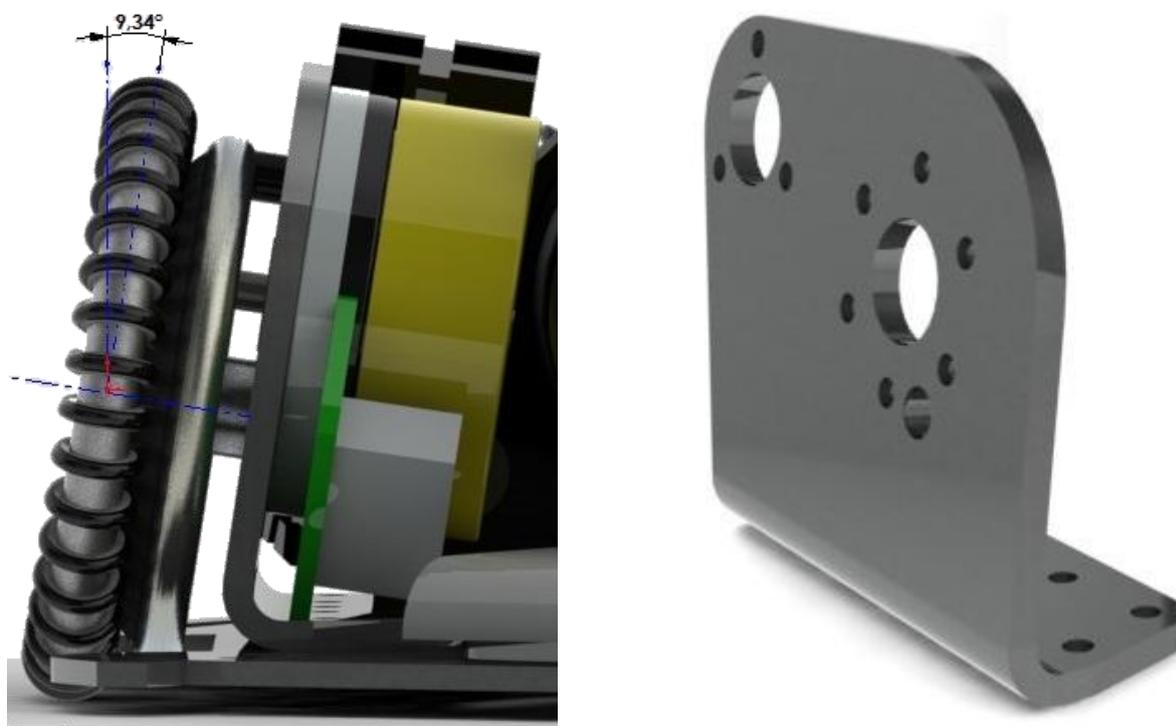


Figura 3.3.1. Montagem do sistema de locomoção do robô (esquerda) e seu respectivo suporte.

### 3.3.1. Cálculo da Inclinação das Rodas

Para o cálculo da inclinação das rodas é necessário saber apenas de duas características do projeto: a distância do eixo da roda até o arame circular que prende as rodas menores ( $D$ ), e o raio das rodas menores ( $d$ ). O primeiro passo para realizar este cálculo é considerar uma vista superior (figura 3.3.1.1-a), delimitando o círculo de 180 mm de diâmetro definido pelas regras como a dimensão limite do robô. Imaginando um robô sem inclinação, deve-se posicionar tal roda de forma que duas das rodas pequenas tangenciem o círculo. Onde tem-se uma boa ideia do espaço não aproveitado do robô sem inclinação.

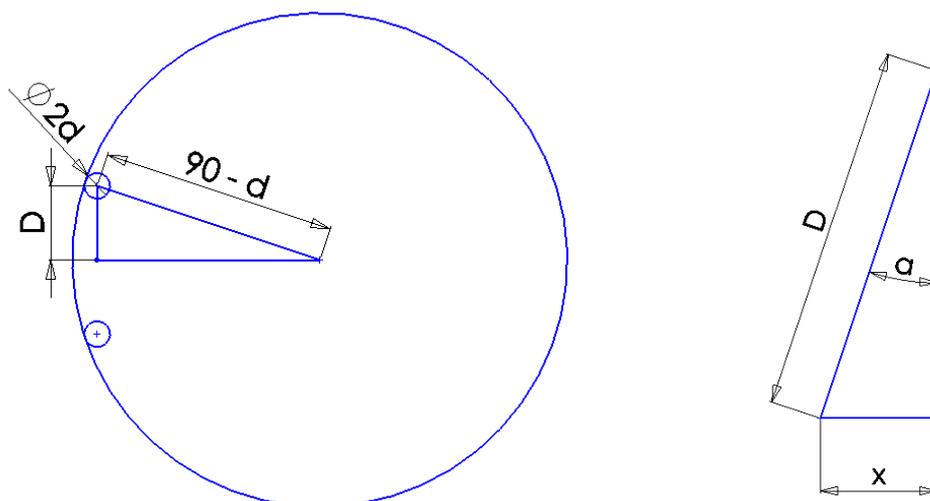


Figura 3.3.1.1. As imagens a (esquerda) e b auxiliam a compreensão dos cálculos.

O próximo passo é calcular a distância que as rodas podem ser arrastadas do chão ao incliná-las, sem que se passe do círculo limite. Contudo, não é possível deslocar o centro da roda até o final do círculo, já que se faz necessário descontar ainda a dimensão  $d$ , raio da roda menor. Com uso da geometria, pode-se visualizar que esta distância buscada será dada por Eq.(1):

$$x = 90 - \sqrt{(90 - d)^2 - D^2} - d \quad (1)$$

Observando, por último, uma vista lateral do projeto (Figura 3.3.1.1-b), nota-se que o ângulo procurado será traduzido pela expressão da Eq.(2):

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{x}{D}\right) \quad (2)$$

Como no projeto em questão, os valores de  $d$  e  $D$  são, respectivamente, 4.7 e 27 mm, a inclinação que se encaixa perfeitamente neste caso será de  $\alpha = 9.34^\circ$ .

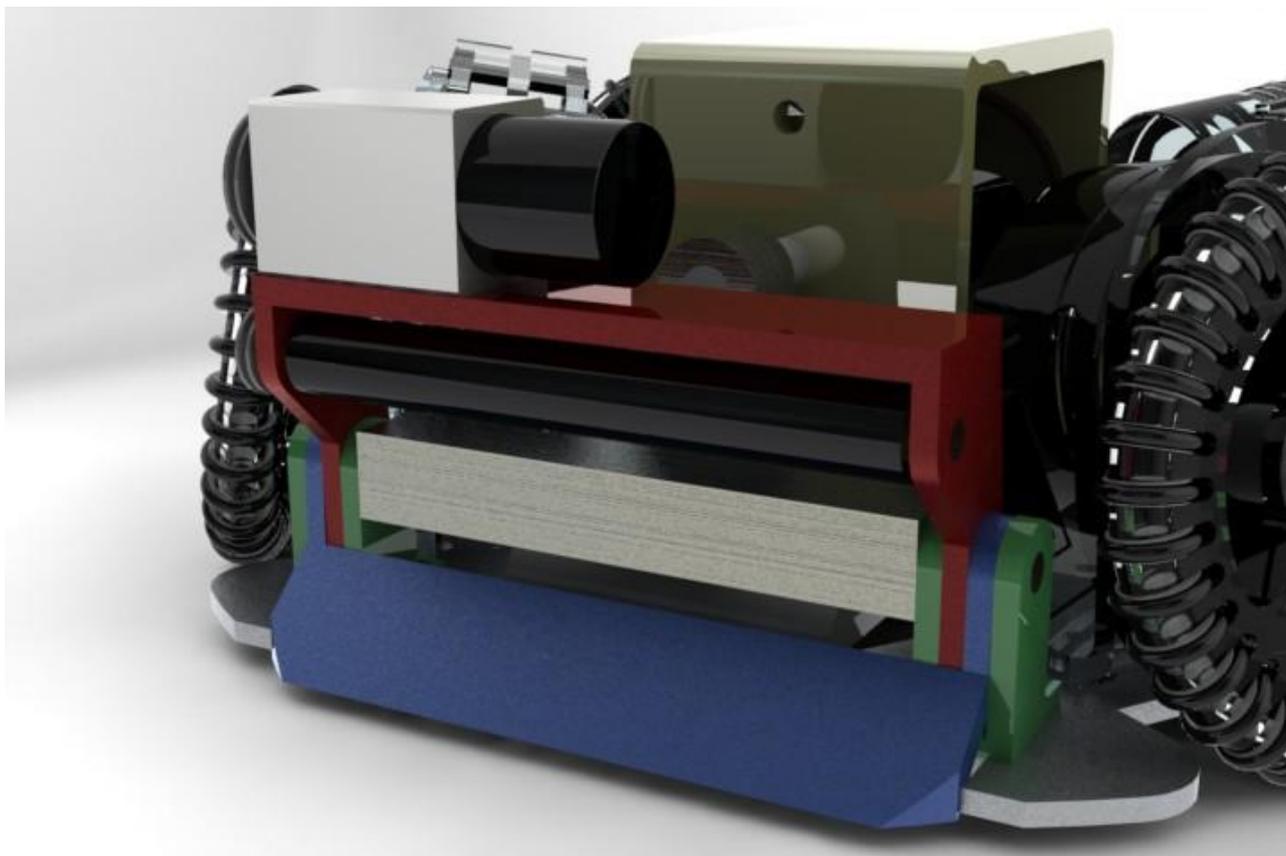
### 3.4. Transmissão Acoplada

A maioria dos projetos utiliza caixas de reduções nos motores que ficam acoplados às rodas para aumentar o torque nestas. Porém, como neste projeto o motor é mais potente, tendo 50 W e 96.9 mNm de torque nominal, o valor desejado para o torque é encontrado com uma redução de 3.6:1.

Deste modo, a engrenagem do motor terá de ser cerca de três vezes e meia maior que a do motor. Devido à falta de espaço, muitas equipes posicionam os motores acima das rodas para permitir o contato externo das engrenagens. Isto é muito prejudicial ao projeto, já que desloca o centro de massa do robô para cima, diminuindo sua estabilidade. Contudo, existe um meio fácil de posicionar o motor sem a necessidade de levantar a posição deles. Trata-se de um conjunto de engrenagens motor-roda onde um deles, no caso a roda, possui dentes no sentido interno, enquanto a outra possui dentes externos. O problema deste tipo de relação é que existe um eixo preso à engrenagem da roda, o que limita a redução à, no mínimo, 2:1, fato indiferente para o projeto do grupo RoboPET, que quer 3.6:1.

## 4. MODIFICAÇÕES NO CONJUNTO DRIBLADOR/CHUTADOR

Driblador e chute são sistemas que devem estar localizados na parte frontal do robô sendo que, o último, conta com os dispositivos de chute reto e alto. Trabalhando contra um evidente problema de falta de espaço optou-se por fazer um conjunto que agregasse todos esses dispositivos no mesmo lugar com a maior funcionalidade possível.



**Figura 4.1.** Esquema mostrando o posicionamento e as características dos sistemas de drible e chute.

#### 4.1. Driblador Móvel

O driblador móvel é composto de um rolo aderente (Figura 4.1. peça preta) movimentado por um motor DC, o rolo deve ser mantido a certa altura do chão para que ele role a bola contra o robô. Uma das maiores preocupações ao tratar-se da montagem do driblador é a altura em que ele entra em contato com a bola. É de extremo interesse que o contato ocorra no ponto mais alto possível da bola, para que a força exercida pelo rolo se intensifique no sentido de fazê-la girar e não pressioná-la contra o chão, fato que aumentaria a força de atrito. Porém, para que a bola seja identificada pelas câmeras que controlam o jogo, o driblador não pode esconder mais de 20% da área que a bola ocupa vista de cima, portanto, não deve subir tanto a ponto de ultrapassar esse limite de área.

Como o intuito do sistema de chute alto é fazer a bola subir o máximo possível, existe uma preocupação com o fato de ocorrer um choque entre a bola e o driblador durante o chute. Por causa deste impedimento, muitas equipes deixam de lado o desempenho do driblador móvel para não interferir no chute alto e diminuem a altura do contato.

Pensando nessa problemática foi que a equipe RoboPET fez uma alteração capaz de manter boa parte da eficiência tanto do chute alto quanto do driblador. Trata-se de um engate entre o chute alto (Figura 4.1. peça azul) e o suporte do driblador (Figura 4.1. peça vermelha). Desse modo, sempre que o chute é acionado, ele empurra o sistema de drible para trás, permitindo que a bola seja lançada num ângulo maior, sem a preocupação de choque com o rolinho logo acima.

Porém, existem alguns fatos a serem considerados ao aplicar essa modificação na estrutura do robô. Primeiramente, o rolinho do driblador é tracionado por um motor elétrico através de uma correia. Sendo assim, espera-se que não ocorra alongamento desta, para que não tensione demais a correia. Para impedir isso, posicionou-se o motor ao lado do rolinho, sendo que, assim, todo o sistema de drible terá tal mobilidade.

#### 4.2. Amortecimento do Passe

Uma das inovações que as equipes vem fazendo atualmente nos seus robôs é um sistema de amortecimento de passes. Este auxilia o domínio de bola na partida de futebol, amortecendo o evidente choque entre a bola e a estrutura frontal do robô. A fim de reduzir este choque, comumente usa-se um material acolchoado, como espuma, para absorver a energia gerada pelo impacto da bola.

No projeto RoboPET, o amortecimento foi elaborado tendo como base a modificação na mobilidade do driblador. Assim, buscou-se fazer com que o encaixe entre a peça do chute alto e o suporte do sistema deixasse as peças livres quando recebessem os passes, mas que ao mesmo tempo estivessem unidas ao efetuar os chutes altos. Desse modo, ao contrário do que ocorre durante o chute, quando a bola empurra o rolinho não há movimentação por parte da peça de chute alto. Isso quer dizer que o driblador pode mover-se para trás livremente, mas está interligado com o movimento do chute alto. Assim, colocou-se uma mola (comprimida) presa na parte acima do eixo de movimentação do sistema e no núcleo do solenoide do chute alto, mantendo o chute pronto para acionamento. Desta forma, quando a bola empurrar o driblador para trás, a mola absorverá parte da energia e amortecerá o passe, simulando um domínio de bola no futebol de verdade.

#### 4.3. Sistema de Chute

O sistema de chute do robô tem por objetivo lançar a bola com velocidades de até 10 m/s, segundo a regra da competição. Para tal, utiliza-se um solenoide de acionamento (Figura 4.3.1) com um núcleo de ferro no centro. Quando ativado, a corrente elétrica produz um campo que lança o núcleo de encontro à bola, empurrando-a para longe do robô. Este sistema é composto de dois componentes básicos: o chute reto e o chute alto. Enquanto o primeiro produz chutes fortes e retilíneos, o segundo lança a bola com certa angulação em relação ao plano do chão. A equipe RoboPET é capaz de ativar os dois solenóides ao mesmo tempo e variar suas respectivas intensidades, criando assim, um leque de possibilidades para as trajetórias que a bola assumirá durante o chute.

Fica muito prático dividir os mecanismos de chute reto e alto em exatamente três peças: a base, o tubo com a bobina e o núcleo de ferro. Uma alteração feita neste projeto interliga estas três peças, contribuindo na modulação deste sistema. Enquanto a base do chute está fixa no chassi do robô, o tubo pode ser colocado na sua posição sem ter que se remover a base. Consequentemente, elas estarão presas uma a outra quando o núcleo de ferro estiver introduzido no centro do tubo. No momento em que o núcleo é removido, fica muito prática a remoção de alguma destas peças para eventuais trocas ou manutenção.

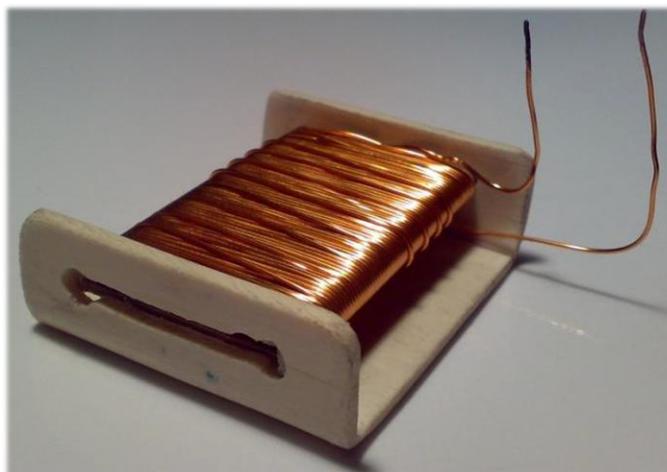


Figura 4.3.1. Solenoide chato confeccionado artesanalmente.

#### 5. CABECEADOR

Sabe-se que a grande maioria das equipes não somente faz seus robôs nesses padrões como também programam as jogadas de defesa considerando os adversários dentro dos padrões. Partindo-se deste preceito, qualquer alteração que influa no modo de jogar do robô servirá de estratégia muito notável. A falta de percepção para novos movimentos incentiva as equipes a desenvolver modificações para surpreenderem com seus times.

No projeto da equipe RoboPET foi criado o cabeceador, peça que permite ao robô finalizar uma jogada ainda com a bola no ar. Trata-se de uma extensão do movimento do chute reto, mas agora posicionado na região mais alta do robô. Quando o cabeceador é acionado, também empurra uma chapa posicionada na “cabeça” do robô, empurrando a bola como se faz no chute.

Deste modo, enquanto o time adversário se posiciona para pegar a bola no seu ponto de contato com o chão, o time RoboPET poderá intervir a trajetória dela antes disso acontecer. Isto serve como um chute inesperado, podendo enganar o goleiro quando executado corretamente.

#### 6. VARIAÇÃO DA DIREÇÃO DO CHUTE

Uma das inovações mais interessantes da equipe é o chamado “chute pinball”. Composto por duas alavancas (semelhantes às que se movimentam em um jogo de pinball) posicionadas logo abaixo do “driblador” e à frente do chute reto, este sistema auxilia o desempenho do robô de duas maneiras.

Uma das contribuições desta inovação é a seguinte: com o “driblador” em movimento, é imprevisível o deslocamento da bola ao longo deste, ficando às vezes complicado se fazer um chute com a precisão necessária. Pela geometria triangular que essas hastes formam com o driblador, é inevitável que, com o acionamento deste, a bola tenda a se alojar no ponto central deste. Esta tendência de posicionamento da bola é muito importante, pois quando acionado o sensor de presença na posição central, tem-se uma previsibilidade muito boa do destino da bola após o chute. Essa preocupação é muito comum no futebol de robôs, e existem diversos mecanismos de várias equipes que auxiliam a posicionar a bola num local desejado.

A segunda contribuição deste sistema, porém, é de grande inovação nas competições. No caso de a bola não se posicionar exatamente no centro do driblador, alguns chutes podem sair tortos e imprecisos. Agora, com o “chute pinball”, serão previsíveis até mesmo chutes desalinhados para enganar os adversários. Exatamente por possuir as características de chute que foge aos padrões do chute reto, este mecanismo acaba confundindo as equipes adversárias, como ocorre com o cabeceador.

Quando a bola estiver deslocada do centro e acionar o sensor lateral de presença, aciona-se este tipo de chute. A execução do movimento de chute empurra a haste para fora, que presa num eixo, acaba empurrando a bola para uma direção inclinada de alguns graus em relação ao chute reto.

Em uma cobrança de pênalti, por exemplo, é de praxe que o robô gire em torno do próprio eixo para modificar a direção do chute. Ao robô em questão, no entanto, bastará transladar ligeiramente para um dos lados para que o chute ocorra na direção oposta. Enquanto o goleiro se move de encontro à frente do atacante, a bola passará no seu “contrapé”.

## 7. CARENAGEM

A carenagem se trata da proteção que envolve externamente o robô. Geralmente define as dimensões máximas permitidas pelas regras da competição, sendo um cilindro de aproximadamente 180 mm de diâmetro e 140 mm de altura. Por compreender uma importante peça na proteção dos mecanismos internos do robô, muitas equipes procuram utilizar materiais resistentes ao impacto, como acrílico e fibra de vidro.

Pensando na atual demanda para utilização de materiais reciclados, o projeto em questão buscou de várias formas algum material que se adequasse às características mecânicas necessárias. E foi esse o caminho que levou o grupo a empregar o uso de PET reciclado, mesmo material usado em garrafas de refrigerantes, como material das capas dos robôs. Além de possuir propriedades mecânicas muito boas para o fim, muitas empresas trabalham com a comercialização deste material na forma de chapas, sendo fácil o molde nas dimensões em questão.

A resistência deste material é importante devido aos possíveis choques que ocorrem entre robôs durante as partidas. Além de absorver o impacto, a carenagem se responsabiliza por cobrir a maior parte dos mecanismos internos do robô. Existe uma abertura na frente do robô, para que seja possível o chute e a condução de bola, por exemplo. Já as rodas também são elementos que ficam expostos na maioria das equipes, contudo, devido à inclinação lateral delas, neste projeto é possível que haja uma cobertura bem maior, ajudando na sua proteção. A parte descoberta da roda, ao contrário da usual altura de 65 mm, agora chega a poucos 20 mm, no mínimo. Isto pode ser observado na imagem a seguir:



Figura 7.1. Robô montado revestido pela capa de PET adotada no novo projeto.

## 8. REFERÊNCIAS

R. C. Hibbeler - Dinâmica: Mecânica Para Engenharia, 11ª Ed.

Beer, Ferdinand P. - Resistência dos Materiais; Dewolf, John T.; Johnston, E. Russell, Jr. 4ª Ed.

Skuba 2009 Extended Team Description. [Online]

<[http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small\\_skuba.pdf](http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small_skuba.pdf)> 14/11/2009 14:00

CMDragons 2009 Extended Team Description. [Online]

<[http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small\\_cmdragons.pdf](http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small_cmdragons.pdf)> 14/11/2009 19:30

Plasma-Z 2009 Extended Team Description. [Online]

<[http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small\\_plasmaz.pdf](http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small_plasmaz.pdf)> 15/11/2009 21:00

## 9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

# MODULARIZATION AND MECHANICAL INNOVATIONS IN ROBOTIC SYSTEMS

Cássio Klen de Azevedo, [klen.azevedo@ufrgs.br](mailto:klen.azevedo@ufrgs.br)

Cristian Adolfo, [cristian.adolfo@ufrgs.br](mailto:cristian.adolfo@ufrgs.br)

Dante Augusto Couto Barone, [dante.barone@gmail.com](mailto:dante.barone@gmail.com)

Felipe Augusto Chies, [felipe.chies@inf.ufrgs.br](mailto:felipe.chies@inf.ufrgs.br)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves Avenue, 9500

Instituto de Informatica, setor 4.

**Abstract.** *The success of robotics depends on a complete integration between mechanics, electronics and computing. This integration is essential for the development of the Robopet project - the intelligent robotics group at UFRGS – that improves the performance of a soccer team of robots participating in RoboCup Small-size. This competition is characterized by bringing together researchers from around the world to share knowledge and build autonomous robots. Such robots have limited dimensions and should, with artificial intelligence, to emulate human performance in soccer matches.*

*Originally formed by students of Computer Science and Engineering, the team realized Robopet need to expand the group to research in mechanical robots. The motivation arose from the unsatisfying performance of the team after the international experience in the championship of Austria in 2009.*

*Students of Mechanical Engineering, then integrated into the group, was in charge of developing a new mechanical design done on a proposed modular system to facilitate arrangements, changes and maintenance, ideal for the rapid repair of defective parts. In the set of wheels for the new project, the group broke new ground with the change in the number of wheels from three to four, the existence of transmission coupled to these, fewer screws and tilting of the wheels to lower the center of mass and increase stability.*

*Studies were carried out and tried to justify the use of more resistant materials or lighter ones where needed. That allowed the use of environmentally friendly material (recycled PET) for making the fairing of the robots, instead of the usual acrylic. The damping system of passes, the change in the direction of the kick and a head to hit the ball are also part of the innovations proposed by the mechanics of the group.*

*Thus, in a short space of time, it was possible the total change of the previous project, old and poor. All these innovations are responsible for the rapid integration of the team in the group of most developed of the world scene in the category.*

**Keywords:** modularização; inovações mecânicas; robopet; Robocup; UFRGS; futebol

## RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.