

# VEÍCULO TERRESTRE NÃO TRIPULADO CONTROLADO VIA REDE WI-FI

Alexandre Stürmer Wolf<sup>1</sup>, Eduardo Augusto Lieberknecht<sup>2</sup>, Eric Augusto Ruebenich de Quadros, Estevan Luiz Junges, Luan Araujo dos Santos<sup>3</sup>

**Resumo:** Este artigo descreve o desenvolvimento de um veículo terrestre não tripulado, controlado via rede Wi-Fi e baseado na plataforma livre de computação física Arduino Uno. Uma vez que computador, placa de controle e a câmera IP estiverem em um mesma rede Wi-Fi, a placa de controle recebe pacotes UDP, vindos de uma aplicação que roda no computador, que contém informações de marcha, velocidade e giro do volante. Essas informações são desmembradas, analisadas e utilizadas para controlar os motores do veículo. A câmera IP permanece sempre apontada para frente do carrinho e utiliza conexão Wi-Fi separada para fornecer *feedback* ao operador.

**Palavras-chave:** Veículo não tripulado. Wi-Fi. Robótica.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de veículos terrestres não tripulados (VTNT), controlados a distância e com câmera, tem sido explorada em zonas de guerra ou pacíficas para vigilância, desarmamento de bombas, ataques, presença virtual ou simplesmente para acessar lugares que ofereçam risco para a saúde humana. O projeto Mini Baja consiste em um VTNT controlado pela plataforma de desenvolvimento Arduino®, que se comunica por meio de conexão Wi-Fi, juntamente com aplicação aberta, que é executada em um computador. Possui também câmera IP acoplada no veículo que utiliza a mesma tecnologia para transmissão de imagens em tempo real. Seu formato teve como inspiração o projeto Baja do Centro Universitário UNIVATES, que é um veículo *off-road* desenvolvido para participar da competição mundial Baja SAE. Seu método de controle foi escolhido devido a não ser necessária a implementação de nova infraestrutura em locais que já possuem redes Wi-Fi para acesso à internet, sendo possível utilizar a mesma conexão que *notebooks*, *tablets* e celulares usam.

Três veículos que, assim como o Mini Baja, podem ser utilizados para segurança são *Optimus Prime*, *Crusher* e *iRobot 510 PackBot*. O primeiro é um VTNT adquirido pelo governo brasileiro para auxiliar na segurança das cidades-sede da Copa do Mundo de 2014 no Brasil, sendo utilizado para vigilância, reconhecimento, aproximação de pacotes suspeitos e detonação de explosivos (SEVERIANO, 2014). O segundo é um VTNT de seis toneladas, capaz de escalar paredes verticais de 1,2 m de altura enquanto carrega 3,6 toneladas, que foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em forma de protótipo para ser utilizado somente em guerras, mas, devido ao seu alto custo de produção, não chegou a ser produzido em massa (LAYTON, 2014). O

---

1 Mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil (2004). Professor do Centro Universitário UNIVATES, Brasil.

2 Auxiliar de Informática nos Laboratórios de Automação do Centro Universitário UNIVATES, Brasil.

3 Graduado em Engenharia de Controle e Automação pelo Centro Universitário UNIVATES, Brasil (2014).

último é um VTNT semelhante ao *Optimus Prime*, porque também pode ser utilizado para vigilância, reconhecimento e desarmamento de bombas (Irobot, 2014).

## 2 TECNOLOGIAS DE CONTROLE

A rede Wi-Fi é uma rede sem fio de baixo custo, fácil de configurar e é amplamente utilizada para conectar vários dispositivos em um raio ao redor de um rádio *wireless*. Ela converte dados em sinais de rádio, o dispositivo recebe esses sinais e converte-os para dados novamente. São utilizadas ondas de rádio da mesma maneira que celulares, *walkie-talkies* e televisão, no entanto, usa frequências superiores, como de 2,4 GHz ou 5 GHz, permitindo, assim, a transferência de maior quantidade de dados (BRAGA, 2014), conforme Figura 1.

Figura 1 - Como funciona a rede Wi-Fi



Fonte: adaptado de <<http://tecnologia.hsw.uol.com.br/rede-wifi.htm>>.

Os dados podem ser transmitidos utilizando-se protocolos *Transmission Control Protocol* (TCP) ou *User Datagram Protocol* (UDP). O primeiro tipo é uma conexão entre dois dispositivos com garantia de entrega de pacotes, é mais lento e mais confiável. O segundo tipo consiste em um dispositivo que envia dados para uma porta que pode ou não possuir ouvintes, não há confirmação de recebimento, é mais rápido e menos confiável (UDP, 2014).

Como para o Mini Baja a velocidade de comunicação entre o computador e o VTNT é mais importante do que a confirmação da entrega de pacotes, o protocolo UDP foi utilizado tanto para a imagem da câmera IP quanto para o controle do veículo.

### 2.2 Arduino e *Shield* Wi-Fi

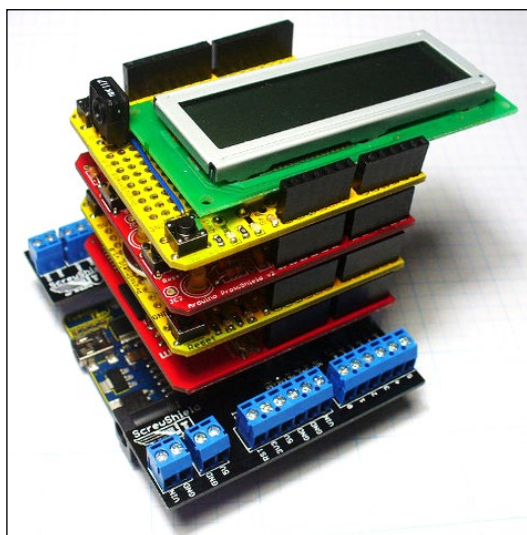
O Arduino é uma plataforma livre de computação física, que consiste em uma placa com microcontrolador e um ambiente de desenvolvimento. Ele pode ser montado a mão ou comprado pré-fabricado. O *software* utilizado para escrever programas também possui código livre.

Projetos que utilizam Arduino podem operar sozinhos ou serem utilizados para que o computador possa realizar a comunicação com o mundo externo. Eles podem ser interativos, pois o Arduino possui entradas, que podem ser ligadas em sensores e interruptores, e saídas, que podem ser ligadas em motores, luzes ou outras saídas físicas. As placas Arduino são baratas, podendo ser

utilizadas com sistemas operacionais Windows, Linux e Macintosh, são fáceis de programar e são totalmente livres (INTRODUCTION, 2014).

Existe também a possibilidade de utilizar outras placas para anexar as placas do Arduino, que adicionarão novas funcionalidades. Essas placas são chamadas de *shields*, que também são livres, fáceis de montar e baratas de produzir (ARDUINO, 2014), conforme apresentado na Figura 2.

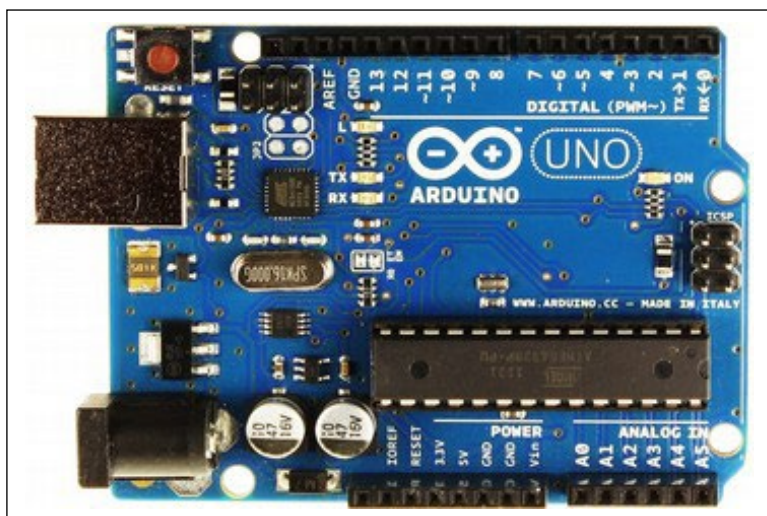
Figura 2 - Arduino sendo utilizado com vários shields



Fonte: <<http://www.freetronics.com/pages/stacking-arduino-shields#.U7s9cfldWBQ>>.

Para o Mini Baja, foi utilizado o Arduino Uno, que é a versão mais simples dos *kits* Arduino. Ele é baseado em um microcontrolador ATMEGA328, com 14 entradas/saídas digitais, seis entradas analógicas, um cristal de 16 MHz e uma conexão USB (ARDUINO, 2014), conforme pode ser visualizado na Figura 3.

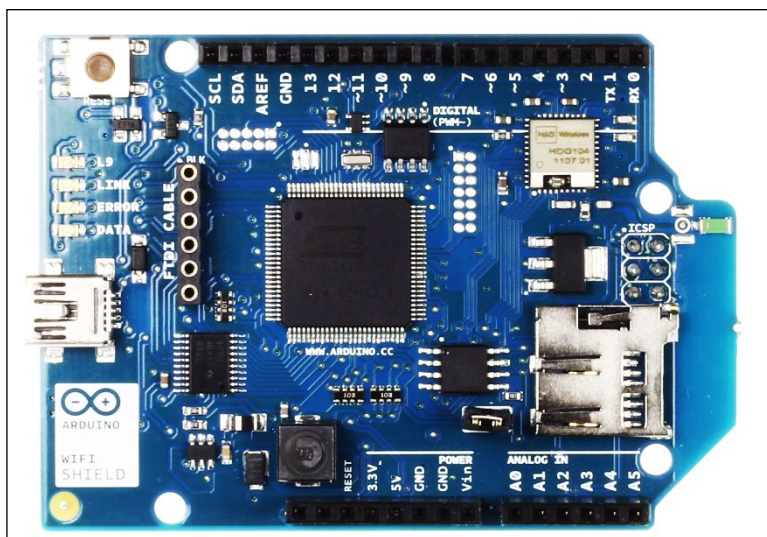
Figura 3 - Arduino Uno



Fonte: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>.

Para permitir a conexão com o computador via Wi-Fi, foi utilizado *shield* Wi-Fi, baseado no circuito integrado HDG104, que permite conexão por meio de protocolos UDP ou TCP e conecta-se com redes ocultas e protegidas com senha (ARDUINO, 2014). O *shield* é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Wi-Fi *shield*



Fonte: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>>.

### 3 TECNOLOGIAS DE MOTORES

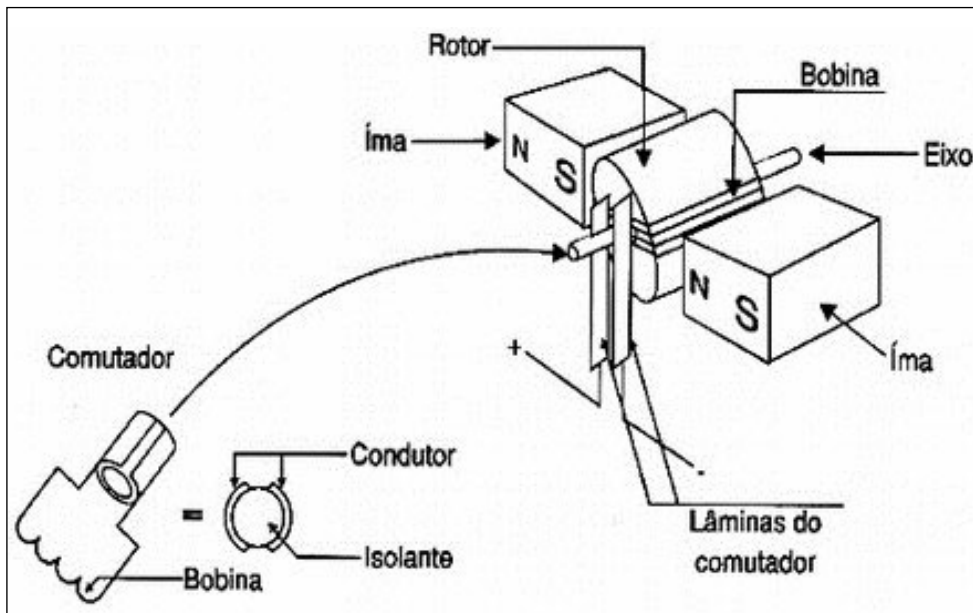
Neste projeto foram utilizados dois tipos de motores, que serão apresentados nas próximas seções. A diferenciação entre seus funcionamentos é vital para compreensão do projeto.

#### 3.1 Motor CC

Os motores de corrente contínua (CC) são dispositivos que possuem uma parte fixa ao redor de uma parte móvel (rotor) que operam aproveitando as forças de atração e repulsão geradas por eletroímãs e ímãs permanentes.

O rotor busca sempre o equilíbrio magnético com os ímãs permanentes que estão presentes na parte fixa. A tendência é que o polo sul procure o polo norte e vice-versa, mas a funcionalidade de um motor CC está em um comutador que inverte a polaridade do rotor, fazendo com que ele sempre gire procurando o equilíbrio, mas nunca encontrando-o enquanto o motor estiver energizado (BRAGA, 2014). A Figura 5 apresenta a ilustração de um motor CC.

Figura 5 - Motor CC.



Fonte: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>.

### 3.2 Servomotores

Os servomotores são motores de corrente contínua que possuem um potenciômetro acoplado ao seu eixo.

Como o potenciômetro varia sua resistência de acordo com a posição em que ele se encontra, é gerada tensão correspondente à posição atual do motor. O servomotor recebe tensão equivalente à posição de destino e gira até que a tensão correspondente à posição atual do motor seja igual à tensão da posição de destino (BRAGA, 2014). Uma imagem de um servomotor é apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Exemplo de servomotor



Fonte: <[http://www.noderockets.com/rocket\\_control.html](http://www.noderockets.com/rocket_control.html)>.



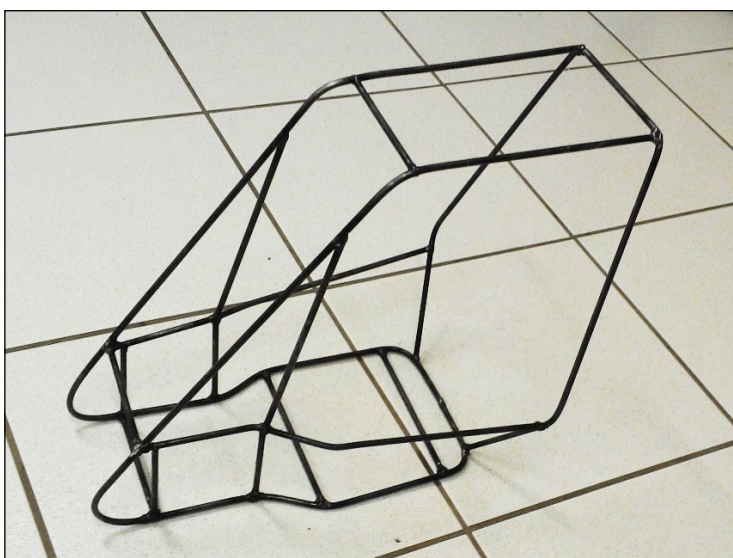
### 3.3 Ponte H

A ponte H, apesar de não ser um motor, é um circuito que permite a reversão e o controle de velocidade de um motor CC por meio de *mosfets* ou transistores, que, dependendo da polaridade em um pino de controle, invertem a alimentação do motor, fazendo com que seu sentido de giro seja alterado (BRAGA, 2014).

## 4 CONSTRUÇÃO

O aço doce foi escolhido para a construção do Mini Baja devido a ele possuir baixo teor de carbono (< 0,25 %), ser macio e maleável. Ele é muito utilizado para a fabricação de latarias de veículos (RELATÓRIOS, 2014), conforme pode-se visualizar na Figura 7.

Figura 7 - Estrutura de aço doce



Fonte: dos autores.

A suspensão frontal do Mini Baja é do tipo duplo A. Ela possui dois braços em formato triangular e é amplamente utilizada em carros de alto desempenho por possibilitar ótimo ajuste no ângulo da direção, não vibrar muito e possuir curso útil alongado, mas necessita de muito espaço para instalação, sendo preciso dimensionamento criterioso para o correto funcionamento e a redundância de elementos de ligação. A suspensão traseira é do tipo *monolink*. Ela consiste em um *link* que une o garfo traseiro à suspensão, possibilitando rigidez progressiva, sendo macia no começo e mais dura à medida que vai chegando ao final de curso (SAHB, 2014). No Mini Baja, o amortecimento é feito por duas molas ligadas entre o *link* e o chassi, conforme apresentado na Figura 8.

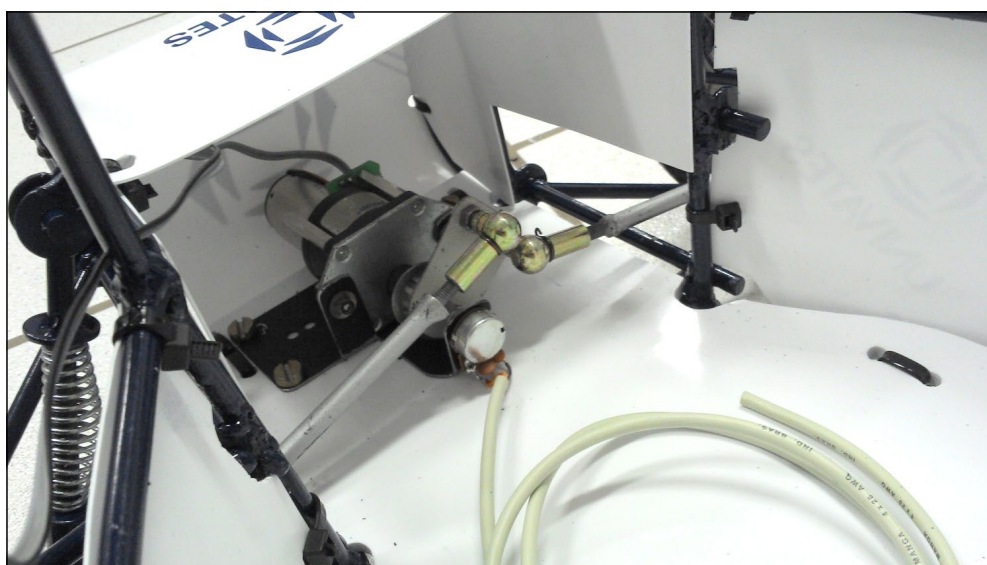
Figura 8 - Suspensão *monolink*



Fonte: dos autores.

Esterçamento consiste em girar as rodas para a esquerda ou direita (ESTERÇAR, 2014). Para isso, o Mini Baja utiliza dois cubos de rodas ligados por dois *links* ao servo de atuação. Devido à falta de servomotor que tivesse condições de esterçar as rodas da frente, adaptou-se um motor baseado no princípio de funcionamento de servomotores. Um motor CC teve um potenciômetro acoplado ao seu eixo, gerando um sinal proporcional à posição atual, que era lido pelo Arduino. Então, o motor girava para um lado ou outro para atingir a posição desejada, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Servo motor construído para controlar a direção.



Fonte: Dos autores.

Para fornecer alimentação ao motor que esterçava as rodas da frente, foi utilizado um L298, que consiste em um componente integrado de ponte H. Para a alimentação do motor das rodas traseiras, foi utilizada uma ponte H constituída por *mosfets* IRF540 e IRF9540.

## 5 SOFTWARE DO ARDUINO

O *software* gravado no Arduino e que controla os dois motores recebe pacotes UDP e analisa-os para obter as informações necessárias. Esse pacote possui 32 *bits*, sendo 16 *bits* a mensagem que contém as informações e os outros 16 *bits* a mesma mensagem modificada por operação matemática.

Ao receber o pacote, o Arduino desmembra a mensagem em duas partes, aplica a operação matemática na parte das informações e verifica se o resultado é o mesmo que é encontrado na outra parte, para garantir que a mensagem seja descartada caso parte dela seja corrompida

Após essa verificação inicial, a mensagem é quebrada em três partes, sendo os dois primeiros *bits* a marcha (1 = ré, 2 = parado, 3 = frente), os quatro do meio a velocidade (0 a 10) e os oito seguintes o número que representa a direção que as rodas da frente devem ser esterçadas (0 que é igual a  $-90^\circ$  e 180 que é igual a  $+90^\circ$ ). Com as informações necessárias, o Arduino envia os sinais de velocidade e de direção para as pontes H que fornecem alimentação para os motores.

## 6 MÉTODOS DE CONTROLE

Várias técnicas podem ser utilizadas para controlar o Mini Baja, desde que o método escolhido envie os pacotes UDP no formato que o *software* gravado no Arduino reconheça.

A primeira técnica que foi utilizada para controlar o veículo utilizou o sensor Kinect® da Microsoft®, que reconhece o corpo humano, em conjunto com uma aplicação desenvolvida na linguagem de programação C#, que identificava a posição das mãos e variava o esterçamento das rodas de acordo com o ângulo entre as duas mãos, a velocidade de acordo com a distância entre elas, aumentava a marcha por meio de socos com a mão direita e diminuía por meio de socos com a mão esquerda.

Uma segunda técnica também foi desenvolvida na linguagem de programação C#, mas o controle era feito pelo teclado do computador no qual a aplicação era aberta. Nesse caso, a tecla W comandava o veículo para frente, a tecla S para trás, a tecla A para a esquerda e a tecla D para a direita. A variação da velocidade era feita pela combinações das teclas Ctrl ou Alt com a teclas para frente ou para trás.

## 7 CONCLUSÕES

A utilização de protocolo UDP em uma rede Wi-Fi para controlar um veículo terrestre não tripulado mostrou-se confiável, pois, mesmo que sejam perdidos alguns pacotes, ela é tão rápida que eles não fazem falta para o funcionamento do veículo. Como qualquer aplicação pode controlar o Mini Baja, desde que respeitado o protocolo de comunicação, é possível desenvolver uma aplicação que, baseada no *feedback* da câmera IP, controle-o de forma autônoma para seguir um caminho pré-determinado e emitir avisos quando algo fora do comum for detectado.

O método de comunicação utilizado é viável para controlar dispositivos remotos dentro de uma empresa ou residência, sem ser necessária a instalação de outras redes, caso ela já possua uma rede Wi-Fi para a conexão com a internet. Mas deve ser previsto o fato de que caso haja um gerador de ruído na mesma faixa de transmissão, a conexão com os veículos será perdida, então algum outro sistema deverá detectar essa interferência para avisar uma equipe de segurança.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. D. A. **Dimensionamento cinemático e dinâmico de suspensão duplo A**. Universidade de Brasília. Brasília. 2012.

ARDUINO Board Uno. **Arduino.cc**. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>>. Acesso em: 30 Junho 2014.

ARDUINO *Shields*. **Arduino.cc**. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoShields>>. Acesso em: 30 Junho 2014.

ARDUINO WiFi *Shield*. **Arduino.cc**. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>>. Acesso em: 30 Junho 2014.

BRAGA, N. C. Como funciona o motor de corrente contínua. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>. Acesso em: 30 Junho 2014.

BRAGA, N. C. Como funcionam os servos. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/robotica/5164-mec066a>>. Acesso em: 26 Junho 2014.

BRAGA, N. C. Conheça as pontes H. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/robotica/5166-mec068a>>. Acesso em: 26 Junho 2014.

BRAIN, M.; WILSON, T. Como funciona a rede Wi-Fi. **How Stuff Works**. Disponível em: <<http://tecnologia.hsw.uol.com.br/rede-wifi.htm>>. Acesso em: 23 Junho 2014.

ESTERÇAR. **Dicionário Informal**. Disponível em: <<http://www.dicionarioinformal.com.br/ester%C3%A7ar/>>. Acesso em: 07 Julho 2014.

INTRODUCTION. **Arduino.cc**. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 30 Junho 2014.

IROBOT 510 PackBot® the Multi-mission Robot. **iRobot**. Disponível em: <<http://www.irobot.com/us/learn/defense/packbot.aspx>>. Acesso em: 09 junho 2014.

LAYTON, J. Como funciona o caminhão-robô Crusher. **How Stuff Works**. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/crusher.htm>>. Acesso em: 09 junho 2014.

RELATÓRIOS. **TrabalhosFeitos.com**, 2014. Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Relatorios/54044036.html>>. Acesso em: 30 Junho 2014.

SAHB, R. Suspensões Mono-Amortecidas (monoshock com link ou braço-relé). **Moto Dica**. Disponível em: <<http://www.motodica.com.br/26/suspensoes-mono-amortecidas-monoshock-com-link-ou-braco-rele>>. Acesso em: 07 Julho 2014.

SEVERIANO, A. Copa em Manaus terá segurança com geotecnologias e robô antibombas. **G1**, 31 Maio 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2014/05/copa-em-manaus-tera-seguranca-com-geotecnologias-e-robo-antibombas.html>>. Acesso em: 09 Junho 2014.

UDP (User Datagram Protocol). **Microsoft® Technet**. Disponível em: <[http://technet.microsoft.com/pt-br/library/cc785220\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/pt-br/library/cc785220(v=ws.10).aspx)>. Acesso em: 23 Junho 2014.