

Proposta de Veículo Autônomo Inteligente

Gledson Leal¹, Milton Heinen¹, Bruno Neves¹,

¹Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Avenida Maria Anunciação Gomes de Godoy, nº 1650 – Bairro Malafaia
Bagé – RS – Brazil

{leitelealgledson}@gmail.com, miheinen@gmail.com, bspampa@gmail.com

Abstract. *Smart autonomous vehicles appear as one of the solutions for reduction of traffic accidents and cost reduction of those accidents. Unlike other studies, this paper presents an alternative to vehicles that use robust location systems, using a camera to acquire data from a track to be followed, simulating the central line of highways. The artificial intelligence algorithms for locomotion and a prototype were conceived as a form of validation of the results.*

Resumo. *Veículos autônomos inteligentes surgem como uma das soluções para a diminuição de acidentes no trânsito e redução dos custos provenientes de acidentes. Diferentemente de outros estudos, este trabalho apresenta uma alternativa à veículos que utilizam sistemas de localização robustos, utilizando uma câmera para aquisição de dados de uma trilha a ser seguida, simulando a linha central de rodovias. Foi concebido os algoritmos de inteligência artificial para locomoção e um protótipo como forma de validação dos resultados.*

1. Introdução

A robótica móvel apresenta soluções em diferentes áreas de conhecimento, como por exemplo, domésticas, industriais, urbanas e militares, demonstrando a sua vasta aplicabilidade e interesses econômicos inerentes ao seu desenvolvimento e aplicação (WOLF et al., 2009). Na área urbana, o uso de robôs inteligentes surge como uma das soluções para a diminuição de acidentes de trânsito. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, aproximadamente 1,24 milhão de pessoas morrem anualmente ao redor do mundo em acidentes de trânsito (VIOLENCE; PREVENTION; ORGANIZATION, 2013), sendo que uma grande parcela destes acidentes foram ocasionados por falha humana. Em decorrência destes fatores, a utilização de Veículos Autônomos Inteligentes (JUNG et al., 2005) se torna uma alternativa viável, devido as suas características fundamentais de capacidade de locomoção de forma completamente autônoma (BRASILEIRO; MECÂNICA; GABRIEL, 2014), promovendo maior qualidade de vida e evitando acidentes, uma vez que esses veículos são capazes de criar rotas através de análises do meio em que está inserido (JUNIOR, 2013).

Veículos com sistemas robustos de navegação utilizam tecnologias de posicionamento global, como o *Global Navigation Satellite System* (GNSS), composto pelo *Global Position System* (GPS) e *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS), Galileo e mais recentemente o *Beidou/Compass* (HOFMANN-WELLENHOF; LICHTENEGGER; WASLE, 2007), proporcionando um posicionamento mais acurado (BEZERRA et al., 2016). Entretanto, equívocos de posição inerentes às camadas que compõe a atmosfera (Troposfera e Ionosfera), inferem erros de aproximadamente 2,3 metros no zênite (BEZERRA et al., 2016), o que equivale a uma reta traçada a partir da cabeça do observador até um ponto na esfera celeste (MOURA et

al., 1999). Projetos de menor custo, por outro lado, empregam sensores ultrassônicos ou infravermelhos para guiar o veículo (KHAN; PARKER, 2014). Estes dispositivos sensoriais dependem de receptores ortogonais ao veículo, sendo utilizados para desvios de obstáculos (PATSKO, 2006) e, portanto, não são empregados para determinação de posicionamento do veículo.

Em decorrência dos fatores acima mencionados, busca-se neste trabalho propor uma metodologia para ser usada em veículos autônomos inteligentes, que emprega soluções tecnológicas *open source* (KOPONEN; HOTTI, 2005) de baixo custo, utilizando-se de uma câmera digital para aquisição dos dados necessários para locomoção do veículo. Este artigo abordará a metodologia para a concepção, tanto do protótipo, como também a forma de controle, através de software, para seguir a trilha, percorrendo o traçado previamente proposto. Em seguida, são apresentados os resultados e discussões provenientes deste estudo e, após este passo, as conclusões finais.

A motivação deste trabalho relaciona-se aos aspectos humanos e ao desenvolvimento de tecnologias para redução da mortalidade no trânsito, visto que segundo GOMES (2014), o Brasil é o 4º país em número de acidentes no mundo. Outro fator motivacional é a possibilidade de, com a utilização de veículos inteligentes, reduzir gastos, por parte do poder público, com vítimas de acidentes automobilísticos, uma vez que o somatório de custos de internação por acidente de transporte terrestre é elevada, beirando os R\$230 milhões em 2013, conforme Andrade and Jorge (2017).

Em meio a este contexto, foi construído o protótipo de um veículo para a validação desta metodologia e dos algoritmos desenvolvidos no âmbito dela para:

1. Tratamento de imagens adquiridas por uma câmera, a qual foi acoplada a um microprocessador de placa única, realizando leituras em uma faixa contínua sobre uma pista.

2. Definição da direção que o veículo irá tomar, sem interferência externa, os quais se baseiam em técnicas de Inteligência Artificial (IA) (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Sendo assim, como objetivo final, pretende-se conceber um protótipo de um veículo autônomo inteligente, composto de software, capaz de realizar leituras em uma faixa contínua sobre uma pista de rolagem, simulando a linha central de rodovias reais, sem intervenção de terceiros.

2. Trabalhos Correlatos

Dentre os diversos trabalhos existentes na literatura que correlacionam-se a este, pode-se encontrar o de Nunes et al. (2012), que utilizaram o microcontrolador Arduino UNO, uma plataforma *open-source*, para o controle do conjunto de treze receptores e outros treze emissores de luz (fotodiodos). Estes dispositivos foram instalados em uma placa sensor, como denomina o autor. Naquele trabalho concluiu-se, durante o desenvolvimento do projeto, foi adquirido novos conhecimentos. Os autores informam que o custo foi o menor possível, gerando em torno de Duzentos e Cinquenta Reais.

O artigo de Gomes et al. (2015) apresenta a implementação de um robô seguidor de linha de cor branca ou preta em um fundo de cor oposta à linha. Os autores utilizaram sensores de luz infravermelha para detectar o sinal reflexivo a partir de um diodo emissor apropriado. O projeto foi confeccionado em torno do microcontrolador Arduino. Este trabalho atendeu as especificações exigidas pela competição realizada no Brasil pela empresa RoboCore Lopes (TORRICO AND FAVARIM 2017).

Nugraha, Ardianto and Darlis (2015) projetaram um Veículo Guiado Automaticamente (AGV) para detectar diferentes linhas de cor que representam rotas

diferentes sem a intervenção de um operador humano. O sistema utiliza um microcontrolador com implementação de lógica difusa. Para detectar as trilhas, foi empregado sensores de cor com *Light Emitting Diode* (LED) e *Light Dependent Resistor* (LDR). O operador apenas precisa, através de dispositivos que utilizam *Radio Frequency Identification* (RFID), fornecer ao AGV qual o destino desejado.

O que diferencia este estudo dos demais, é a utilização de apenas um sensor, a câmera acoplada ao protótipo, como meio de captação do estado do ambiente onde o AGV se desloca, possibilitando leituras precisas. Com este sensor, é possível processar informações de qualquer cor, não apenas linhas pretas ou brancas. Outro fator, é a utilização da Lógica Difusa, suavizando os movimentos do protótipo, tornando o algoritmo mais condensado. Este método, hora proposto, pode perfeitamente ser adaptado para emprego em situações reais, como em ambientes fabris, onde não é possível a interferência humana ou, até mesmo, auxiliando motoristas em rodovias.

3. Metodologia

O que se pretende como resultado, é um veículo que se mova de forma autônoma, utilizando de algoritmos de Inteligência Artificial (IA). Para tanto, foram pesquisados trabalhos paralelos, com o objetivo de determinar qual a melhor forma de prosseguimento da concepção do protótipo.

Como discriminado na Introdução deste artigo, foi utilizada uma câmera acoplada a um dispositivo microprocessado (SENA, 2005). A escolha da utilização deste dispositivo deu-se pela necessidade de processamento das imagens adquiridas pela câmera, algo incompatível com dispositivos denominados microcontrolados (Sena, 2005), por sua característica de hardware, composta por apenas 2KB de *Random Access Memory* (RAM), sem a presença de um processador.

As imagens são processadas digitalmente, utilizando-se ferramentas contidas na biblioteca digital Open CV (GEORGE et al., 2016). Inicialmente a imagem é convertida para tons de cinza. Após este passo, é aplicada na imagem, a Transformada de Hough (HOUGH, 1962), que serve para reconhecer digitalmente formas geométricas conhecidas, como uma linha ou um artefato usado para guiar o protótipo. Com esta técnica, é possível determinar, dentro do espaço digital parametrizado (x,y), qual o ângulo da trilha a ser seguida.

O ângulo extraído pela transformada, é utilizado pelo protótipo para delimitar a direção a ser tomada. De posse deste resultado, um microprocessado *Raspberry Pi* (UPTON AND HALFACREE, 2014), foi empregado para realizar todo o processamento das imagens, bem como para controlar os dois motores de corrente contínua, através de algoritmos de Lógica Difusa (SUGENO AND YASUKAWA, 1993), proporcionando um movimento mais suave em sua trajetória.

Para a comunicação entre o *Raspberry Pi* e os motores, foi utilizado um circuito eletrônico de potência do tipo *chopper* de classe E, devido as diferenças de tensão entre as duas interfaces. A ligação foi realizada através das interfaces de entrada e saída de uso geral (GPIO) do microprocessador. A figura 1 demonstra a sequência de passos para o controle de forma autônoma do protótipo. Esta metodologia está subdividida em quatro blocos sequenciais. O primeiro deles, a etapa de Pré-processamento, é crucial para que as demais fases realizem suas atividades, promovendo um bom desempenho do sistema. O Pré-processamento inclui as atividades de controle de luminosidade e contraste, aquisição de imagens e conversão para escala de cinza.

Após a primeira fase, é realizado todo o processamento de imagens, com a finalidade de extrair dados necessários para controle do protótipo. Nesta etapa é detectada

as bordas da trilha, realizada a inscrição das bordas na imagem e aplicada a função de Hough. O próximo passo é a descoberta do ângulo, formado entre a trilha a ser seguida e a linha vertical da câmera, através de relações trigonométricas, como a razão tangente, que é o valor do quociente entre a medida do cateto oposto e a medida do cateto adjacente a esse ângulo.

Com a descoberta do ângulo, instrumento empregado para dar a direção do protótipo, é realizado o controle individual dos motores. Através da interface GPIO do Raspberry Pi, os pulsos elétricos são transmitidos para a Ponte H, controladora dos motores. A velocidade individual de cada motor é configurada através dos pinos PWM.

Inicialmente, foi empregado três estados: frente, direita e esquerda. Quando o veículo está posicionado à direita da trilha, o motor da esquerda permanece inerte, enquanto o motor da direita, através da comunicação PWM, move-se, colocando o protótipo em direção a trilha.

Após a aferição dos estados anteriores, foi inserido 12 estados, cada um com diferença de 15° , variando de 0° à 180° . Dentre estes estados, está presente o estado de parada, proporcionando a possibilidade de intervenção a qualquer momento, por parte do operador, no movimento do veículo.

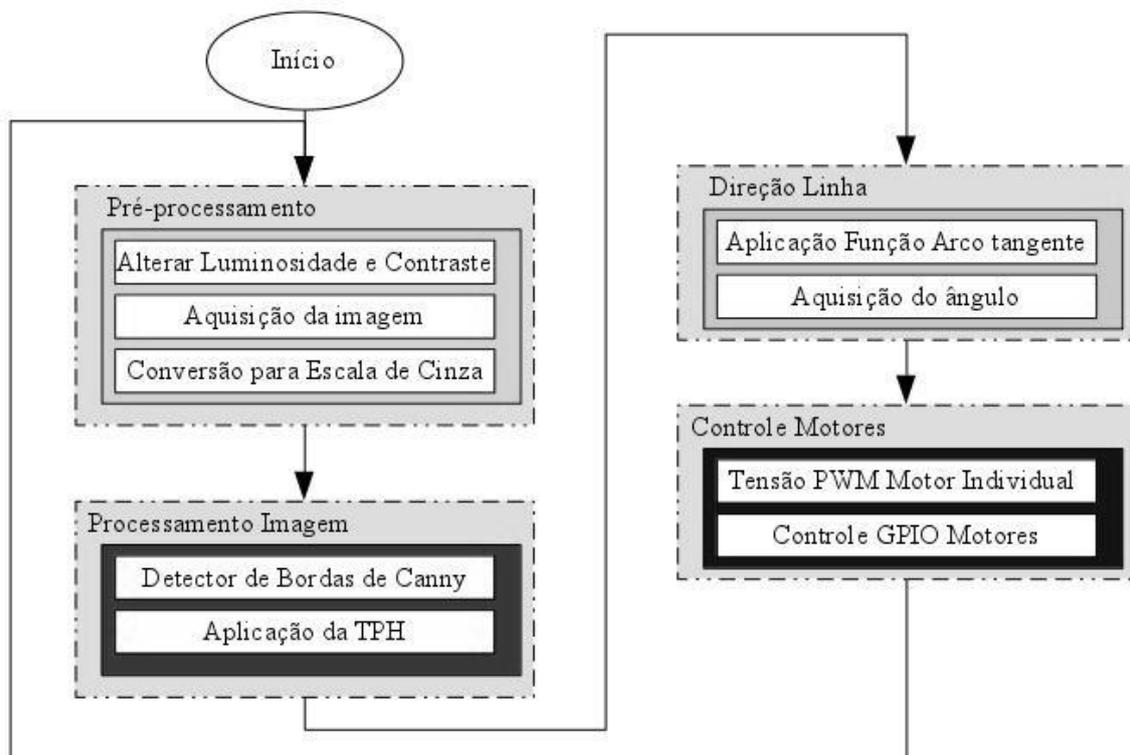


Figura 1: Metodologia do protótipo. Fonte: Próprio Autor.

4. Resultados e Discussão

Em um primeiro momento, optou-se por conceber o protótipo utilizando duas plataformas distintas, conforme encontrado nos referenciais teóricos, o microprocessado Raspberry Pi e o microcontrolado Arduino (MARGOLIS, 2011). O Arduino seria o hardware responsável pelo controle individual dos motores. Entretanto, devido ao tempo de comunicação entre as duas plataformas ser em torno de 14 segundos, desde a descoberta do ângulo até movimento do protótipo, decidiu-se utilizar somente o Raspberry Pi no projeto, o que torna possível que os movimentos do protótipo ocorram de forma quase

instantânea depois da descoberta do ângulo.

A figura 2a mostra um exemplo de imagem adquirida, demonstrando a linha sem a percepção da trilha a ser seguida. Já a figura 2b, demonstra o resultado da aplicação da Transformada de Hough (TH), que encontra as bordas da linha central da pista utilizada nas simulações. Após a descoberta da linha, o software calcula o ângulo da mesma para o controle do protótipo.

A figura 3 demonstra a estrutura física do protótipo, sem a utilização do Arduino. O dispositivo encontrado abaixo da plataforma Raspberry Pi é a bateria de de Lítio de 3,7V 3800mAh, responsável pelo fornecimento de energia para o carro. Os motores são alimentados de forma autônoma, com uma bateria de 9V.

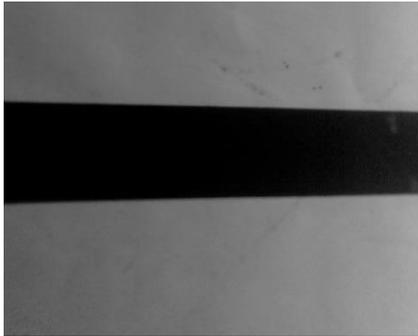


Figura 2a: Foto sem a TH.

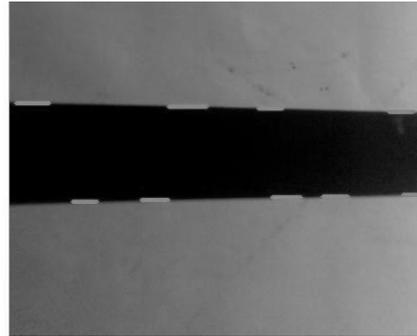


Figura 2b: Foto com a TH.

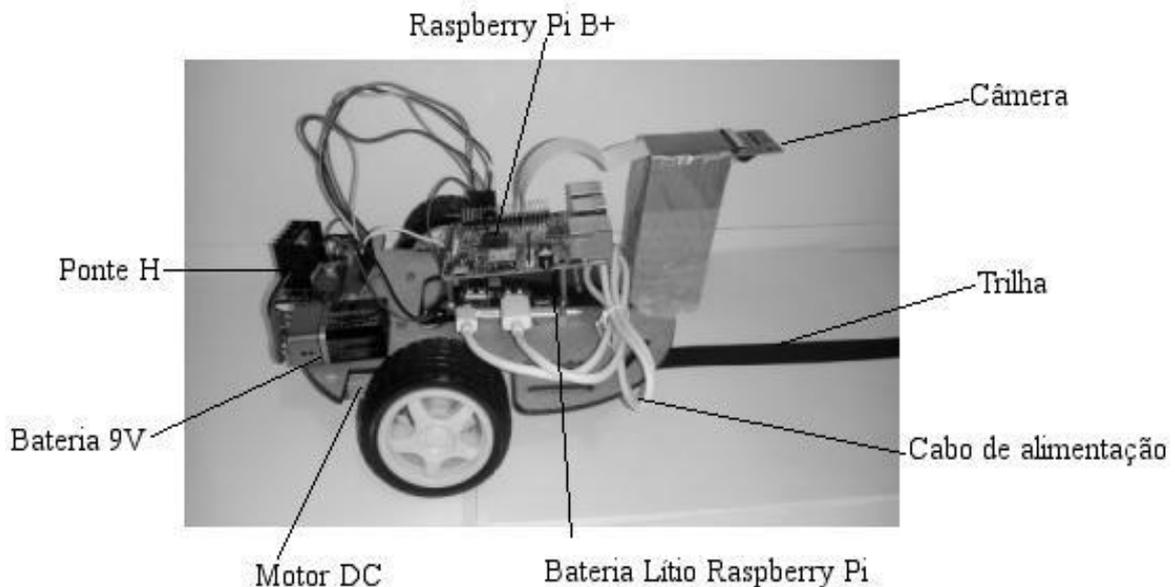


Figura 3: Estrutura do protótipo concebido. Percebe-se a trilha a ser seguida.

Com os dados coletados, os motores foram calibrados para que, conforme os ângulos adquiridos, movam-se em direção à trilha. Se o ângulo estiver posicionado no primeiro quadrante, levando-se em consideração um plano (x,y) no qual x correspondendo a direção frontal ou reversa e y a direção lateral, deve-se aumentar a velocidade do motor encontrado à direita do protótipo, para que o carro vire à esquerda. Se o ângulo encontra-se no segundo quadrante, o movimento será o oposto como descrito à cima. Esta calibragem, em um primeiro momento, foi definida com o método de

tentativa e erro, sem a utilização de algoritmos com Inteligência Artificial. Com esta primeira versão de controle, foi possível percorrer o trajeto de forma correta.

O segundo passo foi o emprego da Lógica Difusa. A função de pertinência dos Conjuntos Fuzzy utilizada foi a Função Trapezoidal (SUGENO AND YASUKAWA, 1993), onde a mesma retorna valores entre zero e um. Com esta aplicação, foi possível reduzir o código de controle, antes apresentando 12 estados, agora, apenas 3: o estado permanecer em frente, virar à esquerda e virar à direita. Cada novo estado é subdividido em inúmeros movimentos, pela aplicação da função trapezoidal, apresentando uma suavização no deslocamento.

5. Considerações Finais

Como resultado deste estudo, pretende-se contribuir para o aperfeiçoamento dos meios de transporte, podendo a metodologia proposta ser considerada como alternativa para condução autônoma em veículos de diferentes fins, como robôs em ambientes fabris, onde não é possível empregar o ser humano como forma de controle ou até mesmo em carros de passeio, proporcionando uma maior segurança para os seus tripulantes.

Outro fator relevante, é a utilização de somente um sensor para controle do carro, a câmera acoplada ao microprocessado, diferentemente de outros projetos, que utilizam vários sensores, o que tende a encarecer o projeto.

Referências

- ANDRADE, S. S. C. d. A.; JORGE, M. H. P. d. M. Internações hospitalares por lesões decorrentes de acidente de transporte terrestre no Brasil, 2013: permanência e gastos. *Epidemiologia e Serviços de Saúde, SciELO Public Health*, v. 26, n. 1, p. 31–38, 2017.
- BEZERRA, J. S. et al. Ambiguidades no sistema gnss. *AGRONOMIA*, p. 265, 2016.
- BRASILEIRO, E.; MECÂNICA, C. D. M. E. E.; GABRIEL, T. A. R. Desenvolvimento de sistema de navegação de baixo custo de veículo terrestre não tripulado. 2014.
- GOMES, O. S. M. et al. Robô seguidor de linha para competições. *ForScience*, v. 2, n. 2, p. 07–11, 2015.
- GEORGE, A. M. et al. Open cv pattern based smart bank security system with theft & identification using android. In: IEEE. Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT), 2016 2nd International Conference on. [S.l.], 2016. p. 254–257.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007.
- HOUGH, P. V. Method and means for recognizing complex patterns. [S.l.], 1962.
- JUNG, C. R. et al. Computação embarcada: Projeto e implementação de veículos autônomos inteligentes. *Anais do CSBC*, v. 5, p. 1358–1406, 2005.
- JUNIOR, E. S. da F. Sistema de controle, navegação e roteirização. *Anais do 1º Encontro do Fundo Setorial de Pesquisa em Transportes Terrestres e Hidroviários*, p. 25, 2013.
- KHAN, M. O.; PARKER, G. Learning live autonomous navigation: A model car with hardware arduino neurons. 2014.
- KOPONEN, T.; HOTTI, V. Open source software maintenance process framework. In: ACM. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. [S.l.], 2005. v. 30, n. 4, p. 1–5.

- LOPES, W. A.; TORRICO, C. R. C.; FAVARIM, F. Projeto de robô autônomo seguidor de linha utilizando mapeamento de pista e controle híbrido. Anais do Computer on the Beach, p. 608–610, 2017.
- MARGOLIS, Michael. Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects. " O'Reilly Media, Inc.", 2011.
- MOURA, M. et al. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 7, n. 2, p. 163–168, 1999.
- NUGRAHA, M.; ARDIANTO, P. R.; DARLIS, D. Design and implementation of rfid line-follower robot system with color detection capability using fuzzy logic. In: IEEE. Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), 2015 International Conference on. [S.l.], 2015. p. 75–78.
- NUNES, L. et al. Projeto e desenvolvimento de um robô autônomo seguidor de trilha. XV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica, 2012
- PATSKO, L. F. Aplicações, funcionamento e utilização de sensores. Maxwell Bohr Instrumentação Eletrônica, 2006.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. Inteligência artificial. [S.l.]: Elsevier, 2004.
- VIOLENCE, W. H. O.; PREVENTION, I.; ORGANIZATION, W. H. Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. [S.l.]: World Health Organization, 2013.
- SENA, A. S. Microcontroladores PIC. 2005.
- SUGENO, M.; YASUKAWA, T. A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. IEEE Transactions on fuzzy systems, v. 1, n. 1, p. 7–31, 1993.
- UPTON, E.; HALFACREE, G. Raspberry Pi user guide. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2014.
- WOLF, D. F. et al. Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real. In: Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC. [S.l.: s.n.], 2009. p. 13.