

# Robô Seguidor de Linha com Controle PID

Pedro Augusto T. Ferreira, Diego G. H. Vaulliamo, Cleuder Nathan C. Garcia, João Victor G. Prado

**Resumo** - Não escrever o título todo em letra maiúscula. Resumo deve ser conciso e apresentar de forma clara o projeto (entre 150 e 250 palavras) em um único parágrafo. As palavras-chave são usadas para buscar seu projeto em uma pesquisa, use por volta de 3 ou 4 de forma inteligente.

**Palavras-chave** - Listar em ordem alfabética

## I. INTRODUÇÃO

As indústrias modernas são altamente automatizadas em diversas aplicações. Em aplicações envolvendo indústrias e setores domésticos há um crescente número de uso de robôs [1]. De acordo com a IFR (*International Federation of Robotics*), em 2022 já havia cerca de 3,9 milhões de robôs operacionais. Os países mais automatizados medidos pela densidade de robôs são República da Coreia (1.012 robôs por 10.000 funcionários) e Cingapura (730 robôs por 10.000 funcionários). Os robôs seguidores de linha vêm ganhando cada vez mais espaço dentre todos [2].

Os robôs seguidores de linha, ou do inglês, *Line Following Robot* (LFR) são robôs autônomos não holonômico que rastreiam uma linha usando *feedback* por meio de sensores infravermelhos [3]. São amplamente utilizados na agricultura [4], medicina [3], depósitos [5] e indústrias [6], pois tornam o processo mais eficiente, prático e seguro. Z. U. Abidden et. al. propuseram um LFR controlado por PID para aplicações médicas, como transporte de medicamentos para salas de operação, enfermarias e unidades de atendimento.

### A. Justificativa

A era moderna da tecnologia vem sempre buscando eficiência máxima em seus processos. Porém, tal eficiência necessita de adequadas modelagens, designs e algoritmos [3]. Portanto, para qualquer caminho que o robô percorra seja ele em indústrias ou hospitais, deve-se ser o mais fluído e eficiente. Um LFR utilizando controle PID de malha fechada pode suprir essa eficiência comparado ao seguidor ON-OFF, pois esse controle torna o caminho mais suave, rápido e com baixo consumo de energia comparado ao ON-OFF [7].

### B. Objetivo

O objetivo do projeto visa a implementação de um LFR utilizando controle PID de malha fechada, no qual o robô recebe o feedback do sensor infravermelho para ajustar o erro e percorrer o caminho.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O controle PID é uma das aplicações de controle mais utilizadas nas indústrias, podendo ser utilizado em carros e

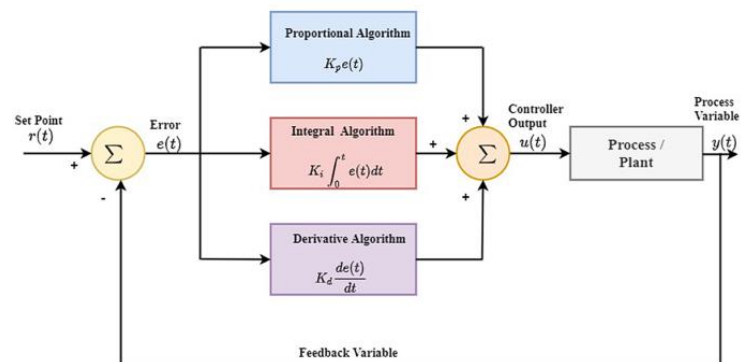
robôs autônomos, manipuladores, áreas da biomédica, entre outros. Estima-se que 90% dos processos envolvendo controle utilizam PID. O PID consiste em um algoritmo composto por três modos, ou seja, proporcional, integral e derivativo (Figura 1) [8][9].

O modo proporcional aplica mudanças proporcionais apropriadas para o erro para a saída do controle, ou seja, responde diretamente ao erro atual [9]. Normalmente não atinge a precisão desejada sem um ganho com um valor elevado [8].

O modo integral monitora a variável de controle em função do tempo com o intuito de corrigir a saída reduzindo a variação da variável [9]. Com isso, apresentam uma resposta muito lenta para erro atuais [8].

O modo derivativo analisa a taxa de mudança da variável do processo, alterando a saída quando há variações incomuns [9]. Consegue reduzir o *overshoot*, desacelerando o controle conforme a variável do controle se aproxima do valor alvo para uma descida mais gradual [10].

Figura 1 – Diagrama de blocos do controle de processo utilizando PID



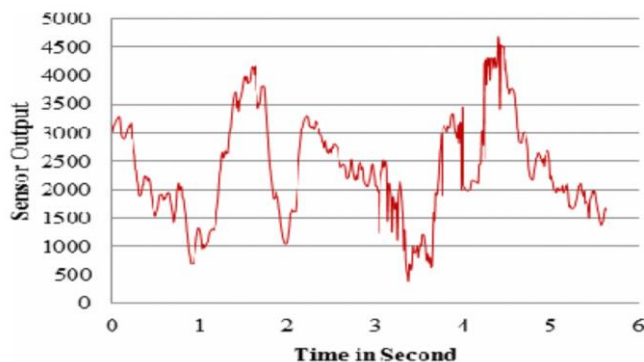
Fonte: Borase, R.P. et al (2021)

Sharma et al. propuseram um LFR composto por um ESP-32, sensores seguidores de linha de 5 canais com potenciômetros, motores CC de 12V – 300 RPM com alto torque de saída, um chassi composto por duas rodas e uma roda giratória para locomoção e um controlador PID para orientar o robô com precisão [5]. Além disso, propuseram também equipamentos para *pick-place* que não serão abordados neste trabalho.

Kader et al. propuseram um LFR composto por um Arduino UNO, um módulo Pololu QTR-6RC que contém seis LEDs infravermelhos e um par de fototransistores, um chassi com duas rodas e uma giratória, dois motores CC e um controlador PID para orientação do robô. O desempenho do algoritmo PID é comparado com o algoritmo convencional ON-OFF (Figuras 2 e 3) [7]. Além disso, propuseram também outros

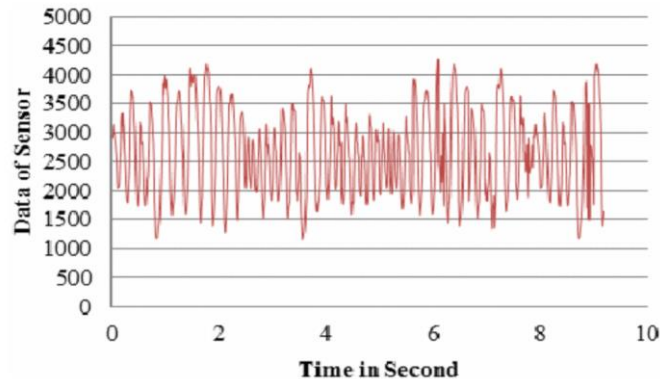
equipamentos para detecção de objetos que não serão abordados neste trabalho.

Figura 2 – Flutuação de dados do sensor para o algoritmo PID



Fonte: M. Abdul Kader et al (2018)

Figura 3 – Flutuação de dados do sensor para o algoritmo ON-OFF



Fonte: M. Abdul Kader et al (2018)

Analisando as Figura 2 e 3, pode-se notar que o algoritmo PID é mais eficiente que o algoritmo convencional ON-OFF, pois, para a mesma distância o algoritmo PID necessita de menos tempo para concluir o trajeto em relação ao ON-OFF. Além disso, a flutuação dos sensores no PID é menor do que o ON-OFF, possibilitando um caminho mais suave.

### III. DESENVOLVIMENTO

Apresentar todo o desenvolvimento realizado para obter os resultados esperados.

- Esquemáticos;
- Equações;
- Códigos

Pode conter ainda:

#### A. Materiais

Deve conter a lista de materiais necessário para o projeto

#### B. Viabilidade e Payback

Deve analisar os custos e prazos envolvidos de forma a apresentar uma discussão da viabilidade e tempo de *payback* do projeto.

### IV. RESULTADOS

Apresentar o conjunto de resultados obtidos com o desenvolvimento:

#### A. Simulações

Simulações de circuitos, processos, entre outros.

#### B. Resultados experimentais

Medidas experimentais, demonstração de implementações, entre outros.

### V. CONCLUSÃO

Deve apresentar de forma clara as conclusões do projeto. Pode conter partes semelhantes ao resumo, mas não copiadas.

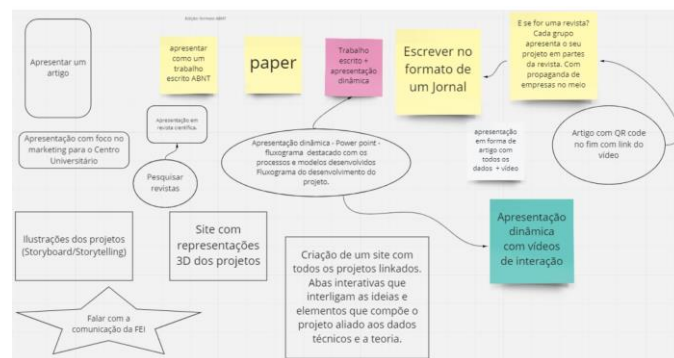


Fig. 1. Brainstorming para discutir formato de apresentação “Fig.” É abreviado. O título deve explicar a figura

TABELA I  
ITENS DO PROJETO

Item	QUANTIDADE	Preço
Sensor Umidade	5	R\$10,00
Módulo Bluetooth	3	R\$10,00

### REFERÊNCIAS

- [1] S. Tayal, H. P. G. Rao, S. Bhardwaj and H. Aggarwal, **Line Follower Robot: Design and Hardware Application**, 2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO), Noida, India, 2020, pp. 10-13, doi: 10.1109/ICRITO48877.2020.9197968.
- [2] IFR. **Global Robotics Race: Korea, Singapore and Germany in the Lead**. Disponível em: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robotics-race-korea-singapore-and-germany-in-the-lead>. Acesso em: 03 set. 2024.
- [3] Z. U. Abideen, M. B. Anwar and H. Tariq, **Dual Purpose Cartesian Infrared Sensor Array Based PID Controlled Line Follower Robot for Medical Applications**, 2018 International Conference on Electrical Engineering (ICEE), Lahore, Pakistan, 2018, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICEE.2018.8566871.
- [4] R. H. Rafi, S. Das, N. Ahmed, I. Hossain and S. M. Taslim Reza, **Design & implementation of a line following robot for irrigation based application**, 2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT),

- Dhaka, Bangladesh, 2016, pp. 480-483, doi: 10.1109/ICCITECHN.2016.7860245.
- [5] A. Sharma and S. G. Kulhalli, **Warehouse Automation using Line Follower Robot**, 2023 *4th IEEE Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, Bangalore, India, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/GCAT59970.2023.10353424.
- [6] Pathak, Abhijit & Khan, Refat & Uddin, Mohammad & Tousi, Tahsin & Rubaba, Afsari & Bithi, Nahida. (2017), **Line Follower Robot for Industrial Manufacturing Process**, International Journal of Engineering Inventions, Volume 6, Issue 10, pp. 10-17.
- [7] M. Abdul Kader, M. Z. Islam, J. Al Rafi, M. Rasedul Islam and F. Sharif Hossain, **Line Following Autonomous Office Assistant Robot with PID Algorithm**, 2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET), Chittagong, Bangladesh, 2018, pp. 109-114, doi: 10.1109/ICISSET.2018.8745606.
- [8] C. Knospe, **PID control**, in IEEE Control Systems Magazine, vol. 26, no. 1, pp. 30-31, Feb. 2006, doi: 10.1109/MCS.2006.1580151.
- [9] Borase, R.P., Maghade, D.K., Sondkar, S.Y. et al. **A review of PID control, tuning methods and applications**. Int. J. Dynam. Control 9, 818–827 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40435-020-00665-4>
- [10] Dwayne R. Westenskow, **Fundamentals of Feedback Control: PID, Fuzzy Logic, and Neural Networks**, Journal of Clinical Anesthesia, Volume 9, Issue 6, Supplement 1, 1997, Pages 33S-35S, ISSN 0952-8180, [https://doi.org/10.1016/S0952-8180\(97\)00123-2](https://doi.org/10.1016/S0952-8180(97)00123-2).