

# PROJETO FINAL - APLICAÇÃO DE UM AFSA NA OTIMIZAÇÃO DO CONTROLADOR PID DE UM MOTOR DC

Guilherme Henrique Santos Furquim\*  
Henrique Nazário Rocha†

## 1 INTRODUÇÃO

Com o advento da computação natural, vários métodos surgiram para solucionar os mais diversos problemas, dentre eles, os algoritmos bio-inspirados ocupam uma importante parcela na área. Sua aplicação se faz efetiva na resolução de problemas complexos, de difícil resolução analítica, problemas que apresentam várias soluções ótimas possíveis, ou também muito robustos.

Baseando-se na ideia de população e evolução, duas abordagens que se destacam são os algoritmos evolutivos e algoritmos de enxame Serapião (2009). Nesse trabalho será abordado um modelo de algoritmo de enxame, ou *Swarms*. São os modelos inspirados em comportamentos coletivos de animais.

Os indivíduos pertencentes aos *Swarms* não possuem inteligência, e definem sua próxima ação por meio de uma comunicação com os outros indivíduos. O método utilizado para comunicação e avaliação da ação é o principal fator que diferencia os tipos de *Swarms*.

Os modelos de enxame são diversos, inspirados em diferentes animais, como formigas, abelhas, gatos, vespas, entre outros.

Uma abordagem inspirada em comportamento de peixes é abordada nesse trabalho. Onde tem-se por objetivo a otimização em um controlador do tipo PID (Controlador Proporcional Integral Derivativo).

## 2 ARTIFICIAL FISH SWARM ALGORITHM

O AFSA, inicialmente proposto por (LI, 2003), é um modelo que não depende de informação de gradiente, e possui capacidade de resolução de problemas complexos não lineares e de elevada dimensão (NESHAT et al., 2014). Inicia-se uma população de peixes, e procura descrever o seu comportamento em diferentes funções. Os comportamentos descritos são *Follow*, *Swarm*, *Prey* e *Leap*.

O primeiro, equação 1, descreve quando um ou mais peixes encontram comida, e os peixes vizinhos seguem a trilha do movimento em busca da comida.

$$Follow(X_i) = \begin{cases} X_i + step \cdot \frac{X_{max} - X_i}{||X_{max} - X_i||} & (\frac{n_f}{N} < \delta) \\ Swarm(X_i) \end{cases} \quad (1)$$

*Swarm*, é referente ao movimento em grupo dos peixes, para evitar perigo e facilitar caça, é basicamente a ideia de movimento ao interior do grupo, conforme as equações 2 e 3.

$$Swarm(X_i) = \begin{cases} X_i + step \cdot \frac{X_c - X_i}{||X_c - X_i||} & (\frac{n_f}{N} < \delta) \\ Prey(X_i) \end{cases} \quad (2)$$

$$X_c = \frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} X_{i,d} \quad (3)$$

O terceiro comportamento, é a predação, o ato de se movimentar em busca de uma maior concentração de comida. Equacionamento conforme equação 4.

$$Prey(X_i) = \begin{cases} X_i + step \cdot \frac{X_j - X_i}{||X_j - X_i||} & \text{if } y_j > y_i \\ Prey(X_i) \end{cases} \quad (4)$$

E por fim, *Leap*, que é o movimento aleatório do peixe em busca de uma melhor avaliação de posição, que é descrito na equação 5

$$Leap(X_i) = X_i + rand \cdot step \quad (5)$$

## 3 METODOLOGIA

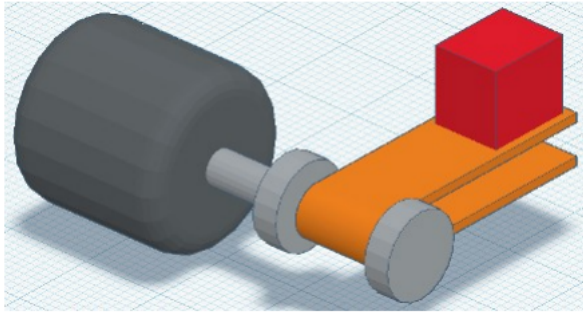
A planta analisada tem como base um motor DC (Motor de Corrente Contínua) acoplado a uma esteira rolante, tendo sua parte mecânica do eixo presa a esteira com a finalidade de movimentar cargas conforme a Figura (1). A planta apresenta então equações diferenciais integrais ligadas ao circuito elétrico da armadura do motor, e ao modelo mecânico do motor e da carga imposta sobre o sistema conforme a Figura (2).

A planta será controlada usando um sistema embarcado, onde pode ser exemplificado como um computador construído para um único propósito de aplicação, neste caso controlar nossa planta. Por se utilizar um sistema do tipo embarcado com microcontrolador, é necessário usar uma análise do tipo discreta, onde os sinais analógicos são por

\* guilhermefurq43@gmail.com, Curso de <Engenharia Mecânica>.

† nazario.utfpr@gmail.com, Curso de <Engenharia Elétrica>.

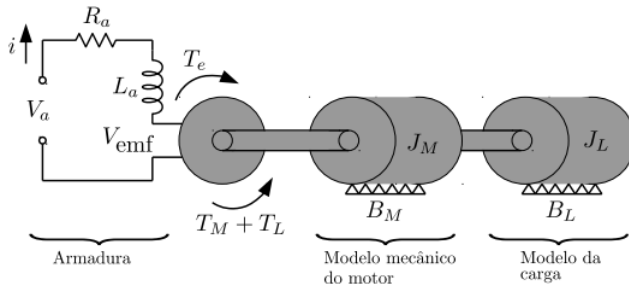
Figura 1 – Motor de esteira rolante.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Modelo do sistema.

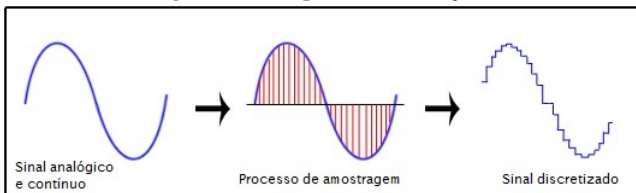
O modelo desse sistema pode ser visto como:



Fonte: Autoria própria.

natureza contínuos no tempo. São teoricamente constituídos por uma sequência de infinitos pontos, exemplificado na Figura (3). Quando digitalizamos esses sinais, eles passam por um processo conhecido por amostragem e são transformados numa sequência finita de pontos discretos. Essa transformação é realizada por componentes conhecidos como conversores Analógicos / Digitais ou simplesmente conversores A/D.

Figura 3 – Exemplo de discretização.



Fonte: Embarcados

Usando Teoria do Controle discreta obtemos a planta do sistema em plano Z (a relação  $z = e^{sT}$  é a transformação entre a localização de pólos no plano s e localização no plano z). Abaixo temos a função de transferência (6) da planta onde será aplicado o PID com a otimização do modelo.

$$\frac{X_2}{U(s)} = G_1(s) = \frac{1}{\frac{L_a J}{k_t} s^2 + \left(\frac{L_a B}{k_t} + \frac{R_a J}{k_t}\right) s + \frac{R_a B}{k_t} + k_v} \quad (6)$$

O modelo de otimização será aplicado no controlador PID, com a finalidade de obter os valores ótimos para atingir os requisitos impostos do projeto, abaixo temos a equação (7) mostrando a equação do controlador. A função objetivo do modelo de otimização é a malha fechada do sistema, onde era feito um step de carga para testar os valores dos ganhos

P, I e D que o modelo fornecia.

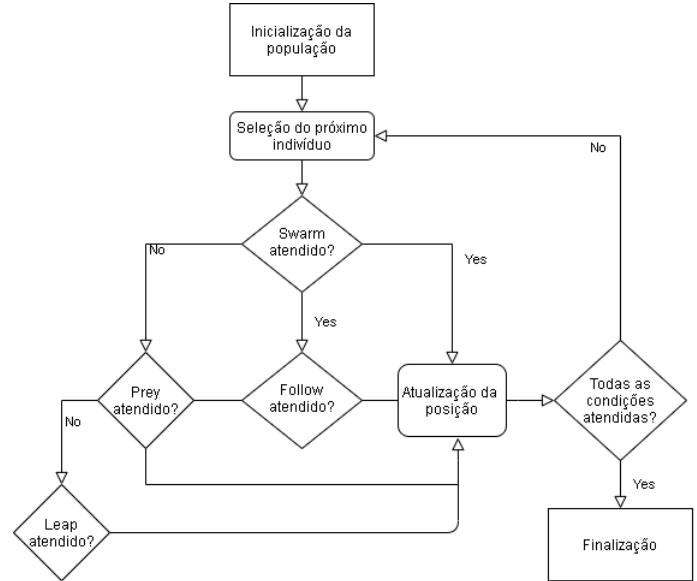
$$PID = \frac{(kp + ki + kd) \cdot z^2 - (kp + 2 \cdot kd) \cdot z + kd}{z \cdot (z - 1)} \quad (7)$$

O modelo de otimização será aplicado ao controlador PID onde o objetivo do controlador para a planta é atender os seguintes requisitos: fazer com que o valor do Overshoot não exceda 2% da estabilidade da planta, além de fazer com que o sistema fique mais rápido, e na mudança de carga o sistema deve apresentar a mesma velocidade na rotação da esteira, para finalizar esse controle para a planta é necessário realizar uma análise do sistema em si, obtendo assim os valores de ganho do controlador PID.

No que se refere ao modelo de AFSA aplicado, foram utilizados os seguintes parâmetros: 2 dimensões, população de 50 indivíduos, 100 como número máximo de iterações, 20 como número máximo de tentativas de predação, step de 0.0005 devido a precisão do problema, 0.3 de alcance máximo de visão dos peixes, coeficiente de atenuação da faixa de percepção de peixes em 0.98 e por fim, limite de congestionamento, delta, de 0.05. O modelo de otimização foi aplicado 10 vezes para comparar a eficácia do método.

O pseudocódigo do modelo aplicado é apresentado na figura 4

Figura 4 – Pseudocódigo - AFSA.



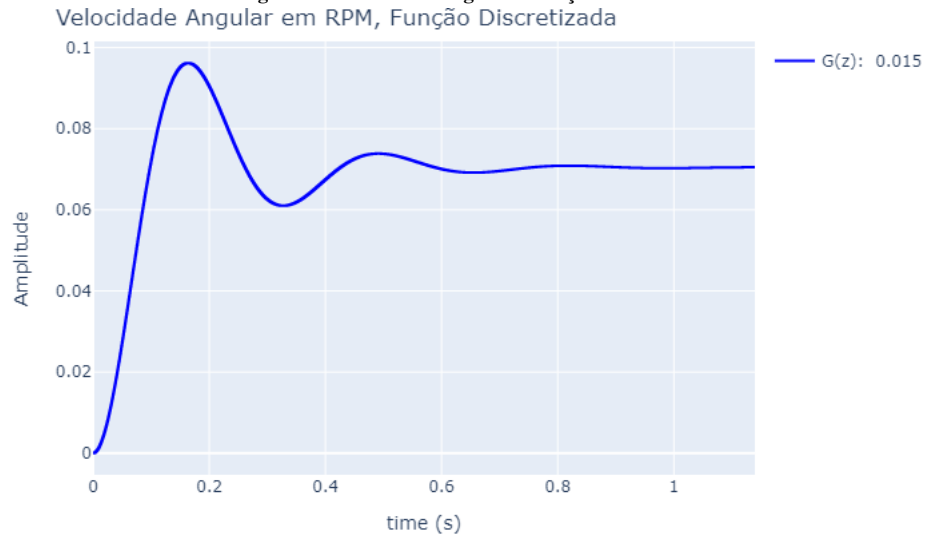
Fonte: Autoria própria.

O código foi implementado em linguagem python na plataforma COLAB.

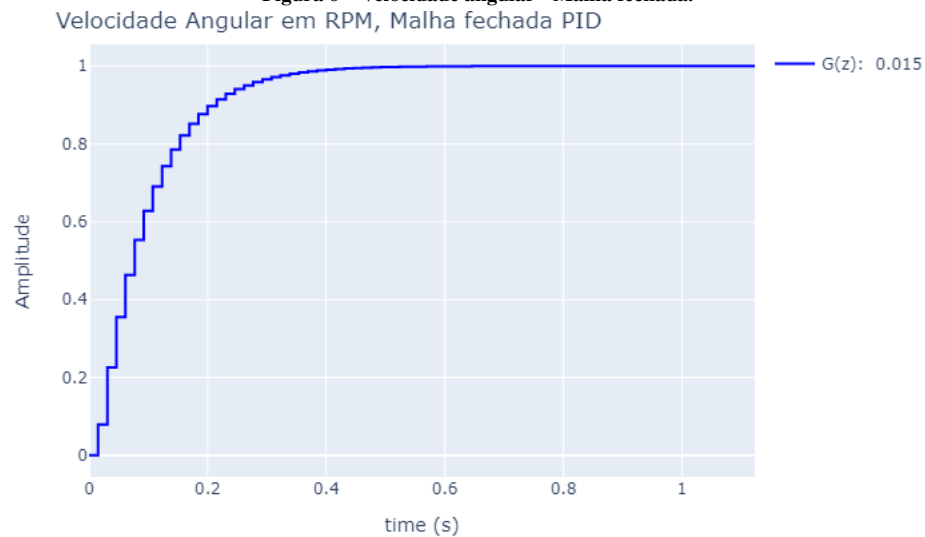
## 4 RESULTADOS

Os resultados discutidos envolvem a análise da velocidade angular do motor e também a dispersão dos valores obtidos de função objetivo nas 10 simulações.

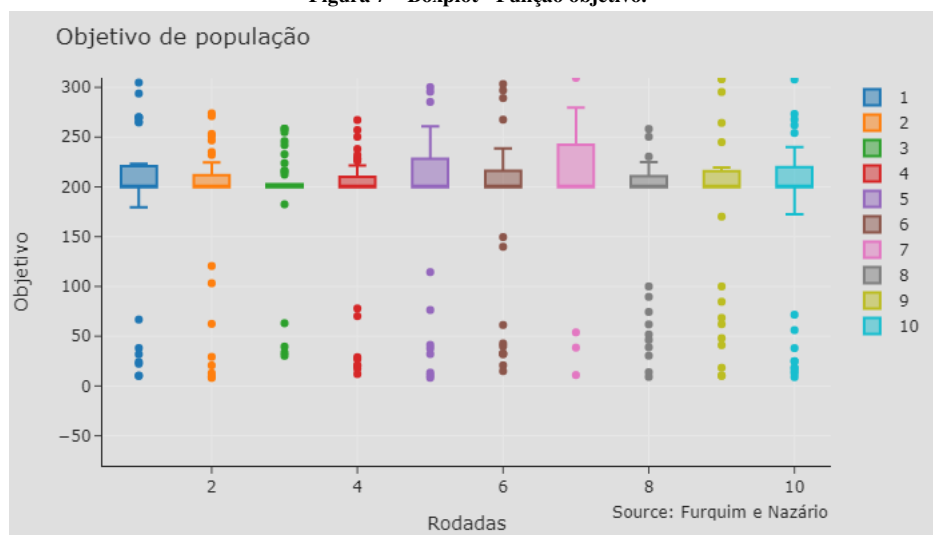
Na Figura 5, é mostrado o comportamento do motor antes de aplicar a otimização, e a Figura 6 mostra a simulação do funcionamento do motor com os parâmetros obtidos por meio do modelo de otimização. Na figura 7, é ilustrada a dispersão por meio de um gráfico do tipo boxplot.

**Figura 5 – Velocidade angular - Função discretizada.**

Fonte: Autoria própria.

**Figura 6 – Velocidade angular - Malha fechada.**

Fonte: Autoria própria.

**Figura 7 – Boxplot - Função objetivo.**

Fonte: Autoria própria.

## 5 CONCLUSÃO

É possível verificar que o acionamento do motor em malha aberta, visto na Figura (5) tem um comportamento lento, além de não conseguir atingir o valor nominal de carga sem uma oscilação, que é representado pelo *Overshoot*, quando usamos o controle do tipo PID, com os ganhos otimizados pelo nosso modelo de otimização, verificamos a diferença entre a velocidade de acionamento do sistema, onde além de estabilizar mais rápido para o valor nominal, cerca de metade do tempo, não apresenta *Overshoot*, conseguindo assim melhorar o sistema, atendendo os requisitos de projeto impostos a ele.

A figura 7, nos mostra que, os valores da função objetivo estão concentrados acima de 200, porém, os resultados desejados são próximos de 0. Isso indica a adaptabilidade do modelo.

## REFERÊNCIAS

- LI, X. A new intelligent optimization-artificial fish swarm algorithm. **Doctor thesis, Zhejiang University of Zhejiang, China**, p. 27, 2003.
- NESHAT, M. et al. Artificial fish swarm algorithm: a survey of the state-of-the-art, hybridization, combinatorial and indicative applications. **Artificial intelligence review**, Springer, v. 42, n. 4, p. 965–997, 2014.
- SERAPIÃO, A. B. d. S. Fundamentos de otimização por inteligência de enxames: uma visão geral. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, SciELO Brasil, v. 20, n. 3, p. 271–304, 2009.