



MODELAGEM E SINTONIA DE UMA MALHA DE CONTROLE DE NÍVEL COM TEMPO MORTO ELEVADO

E. F. C. CAMARGO¹, F. C. BOMFIM JUNIOR², M. LUCAS³, L. ROGERIO JUNIOR⁴

^{1,2,3,4} Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Elétrica

RESUMO – *Este estudo trata de avaliar o ajuste e desempenho de um controlador PI, responsável por controlar uma malha de nível de um silo dosador, existente em uma indústria de painéis de partículas reconstituída. No estudo realizado foi considerado o controle PI já existente, com uma estratégia de controle proposta utilizando o preditor Smith devido o tempo morto da planta. O processo em avaliação tem como característica oferecer incertezas paramétricas e retardo variante no tempo, desta forma, uma proposta de controle teve como objetivo melhorar a robustez e o desempenho do sistema em malha fechada e realizar um estudo comparativo entre o controlador tradicional e o controlador Preditor de Smith. Após o levantamento da curva de reação em malha aberta, foi feita a modelagem matemática através de um algoritmo genético. Depois do levantamento da função de transferência, foi verificado a não necessidade da aplicação do controlador Preditor de Smith. O estudo expõe os resultados da modelagem matemática da planta real para uma possível implantação de ajuste do controlador.*

Palavras-chave: Controle de Nível, PID, PI, Preditor de Smith, Algoritmo Genético.

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual vem demandando a necessidade cada vez maior de otimizar malhas de controle para reduzir os gastos com manutenção e perdas de materiais e insumos como vapor, óleos de combustão e outros. Uma das formas de contribuir é realizar a sintonia eficiente de compensadores industriais ou propor novas estratégias de controle (BOMFIM JUNIOR, 2017).

Na confecção de painéis de madeira reconstituída, uma das principais malhas de controle é o da umidade, feito por meio de um secador. Desta forma, na entrada do secador utiliza-se um silo dosador, em que o nível é controlado para obter uma constante dosagem de partículas, tendo em vista, que a alimentação do silo dosador é realizada através de uma esteira transportadora que possui um elevado tempo morto (atraso de transporte). Diante disso, o controle é feito manipulando a velocidade de uma rosca de alimentação (variável manipulada - MV), que mantém o nível (variável de processo - PV) de um bunker de acordo com o valor desejado (set point - SP), sendo em torno de 65%, e alterado de acordo com a necessidade do processo.

Um recurso muito importante que propõe atender a automação industrial é a utilização de controladores em processos contínuos. Controladores são equipamentos responsáveis para manter



variáveis de um processo, tendo valores desejados (SP) determinados por operadores do processo (Bomfim Junior, 2017). Estes processos normalmente são controlados, mas comumente por algoritmos do tipo proporcional (P), proporcional integral (PI) e proporcional integral derivativo (PID). O controlador PID é o mais utilizado nas indústrias, visto que, sua simplicidade em ajustar os parâmetros para obter um bom desempenho e do fato que este algoritmo está presente em quase todos os equipamentos de controle industrial (OGATA, 2000).

Para obter um controle ideal para o processo é importante conhecer a função de transferência da planta, desta forma, adquirindo-se um ótimo ajuste dos compensadores na malha de controle. Em alguns tipos de malhas de controle, não se conhece a função devido sua dificuldade de modelagem. Assim, os controladores são ajustados da forma empírica, conhecida por tentativa e erro, que resulta em desgaste de equipamentos, instrumentos de medições, gases quentes e matéria-prima (GARCIA, 2017).

De acordo com MORAES (2017), a função de transferência é a ligação de no mínimo duas variáveis de processo sendo uma de entrada (rosca de alimentação do silo dosador) e uma de saída (nível do silo dosador). Nos dias atuais, há muitas formas de estimar uma função de transferência, sendo que, nos diversos métodos existentes, quase sempre é realizada uma aproximação para uma função de transferência de primeira ordem com atraso. Quando é levantada uma função de segunda ordem ou mais elevada, será necessário reduzir o sistema para primeira ordem com atraso.

A abordagem proposta, teve como intensão inicial, levando em consideração apenas o tempo morto que existente na planta, a aplicação do controlador preditor de Smith. Após estimar a função de transferência usando a heurística dos algoritmos genéticos, em que este algoritmo é capaz de estimar funções tanto em sistemas de malha aberta e em malha fechada (CABRAL e DE MELO, 2011), este trabalho teve como objetivo, apresentar um método que consegue estimar uma função de transferência mais próxima da função real da planta, possibilitando um melhor ajuste no controle de nível da malha em estudo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Na aplicação de métodos clássicos em projetos de controladores que contém sistemas com atraso, um exemplo típico é o controlador tipo “proporcional integral derivativo” PID, que exige ajustes conservadores para respostas lentas, com objetivo de garantir a estabilidade do sistema em malha fechada. Dessa forma, quando um pequeno atraso é menor que duas vezes a constante de tempo dominante do sistema e o modelo é de primeira ordem, o PID aceita um ajuste permissivo. Porém, se o atraso for grande e há necessidade de se obter uma resposta em malha fechada mais rápida, aplicam-se sistemas de compensação de atraso (OGATA, 2000).

Neste estudo, foi alcançado o controle de nível devido a necessidade de compensação de atraso (tempo morto), sendo modelado o comportamento do processo de uma planta industrial real. O processo para definir o controle automático é dividido em várias etapas, sendo a primeira responsável por realizar um estudo conhecendo o processo físico, afim de fazer o levantamento das variáveis do processo e suas correlações.



Em seguida foi determinado um método para equacionar e identificar estas relações. Optou-se pela utilização do método de resposta ao degrau, colocando o sistema em malha aberta, e posteriormente aplicando um degrau unitário de amplitude unitária em sua entrada, e em seguida aguardou-se que a variável de processo alcançasse o regime permanente. Para realizar este procedimento foi utilizado o software ProdiQ®, com a função interna do programa de trend, responsável por gerar o gráfico de identificação do processo (curva de reação). De acordo com BOMFIM JUNIOR (2017), este método é o mais utilizado para identificação de modelos dinâmicos, fornecendo as funções de transferência adequada para mais aplicações. A alteração de dosagem na variável de controle deve ser suficientemente grande para alcançar um máximo sinal em relação à amplitude dos ruídos. Este procedimento deve ser repetido para se ter diferentes amplitudes dentro da faixa de operação do sistema, pois o objetivo é observar a sua linearidade.

Para equacionar a função foi utilizado um algoritmo genético, que é uma solução para resolver problemas de otimização para modelagem de funções matemáticas. O propósito é definir a função de transferência de malha aberta para impor a resposta de malha fechada. O ajuste do controlador PID é definido pelo método de síntese direta, que busca determinar a função de transferência de malha aberta para instituir a resposta de malha fechada, sendo necessário verificar se o controlador resultante é realizável, ou melhor, se não possui tempo morto positivo. Dada inicialmente a função de transferência genérica no domínio da frequência (Equação 1), a próxima etapa é inserir um controlador $G(s)$ em série com a função de malha aberta, e fechando uma realimentação negativa, conseqüentemente obtendo-se a função de transferência em malha fechada (Equação 2).

$$F(s) = \frac{K_p \cdot e^{-\theta \cdot s}}{\tau \cdot s + 1} \quad (1)$$

$$G(s) = \frac{\tau}{(\tau_d + \theta) \cdot K_p} + \frac{1}{(\tau_d + \theta) \cdot K_p \cdot s} \quad (2)$$

Para análise do processo em estudo foi considerado como variável de processo a dosagem de partículas (silo dosador) e a variável manipulada a velocidade da rosca de alimentação de partículas (rosca 201). O PI tem seus parâmetros de programação conhecido e o desempenho do controle é comprovado através de simulação em software.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a identificação do sistema, é usada a curva de resposta ao degrau unitário em uma planta industrial real (controle de nível do silo dosador), proveniente de uma indústria de painéis de partículas reconstituída, que apresentou dificuldades na apresentação. O software ProdiQ® foi utilizado para coletar dados, com o objetivo como captador de informações para o processo, como a amplitude do sinal e seus instantes de tempo. Utilizando o degrau unitário de amplitude 10, na entrada



do sistema, foi obtida a resposta mostrada na figura 1. Todos os parâmetros de configuração foram empregados iguais aos da planta real.

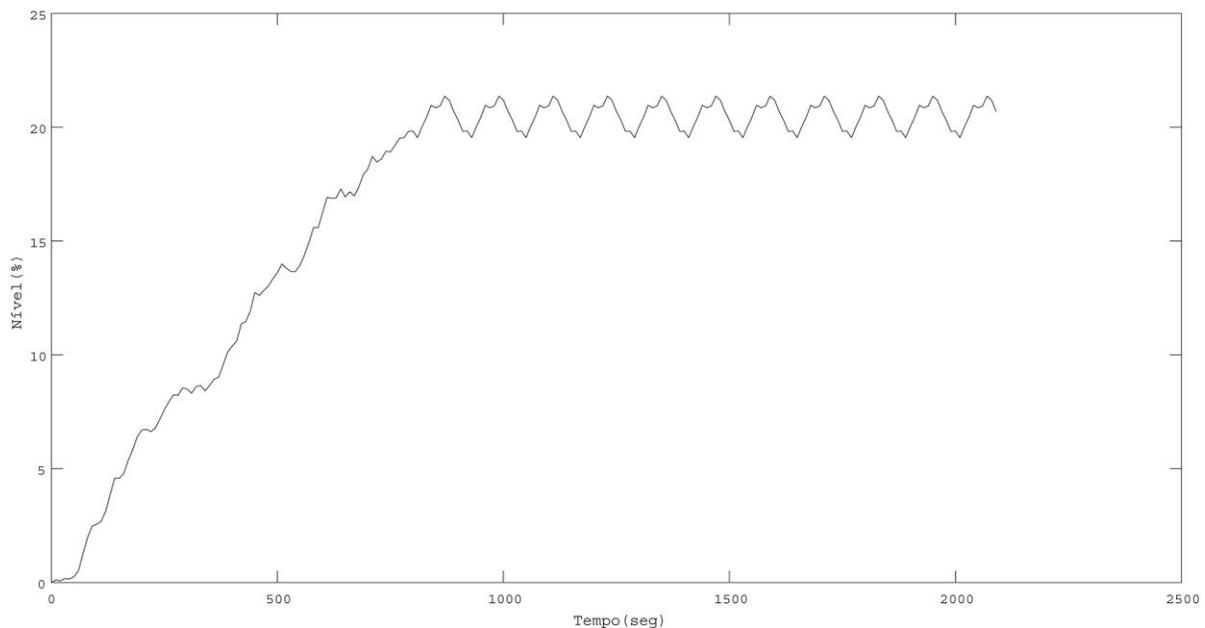


Figura 1 - Resposta real ao degrau em mala aberta.

Os dados foram colocados no sistema e aproximados para um sistema de resposta em primeira ordem com atraso. Após o sistema terminar a aproximação, foi apresentada a curva estimada (tracejado), mostrada na figura 2.

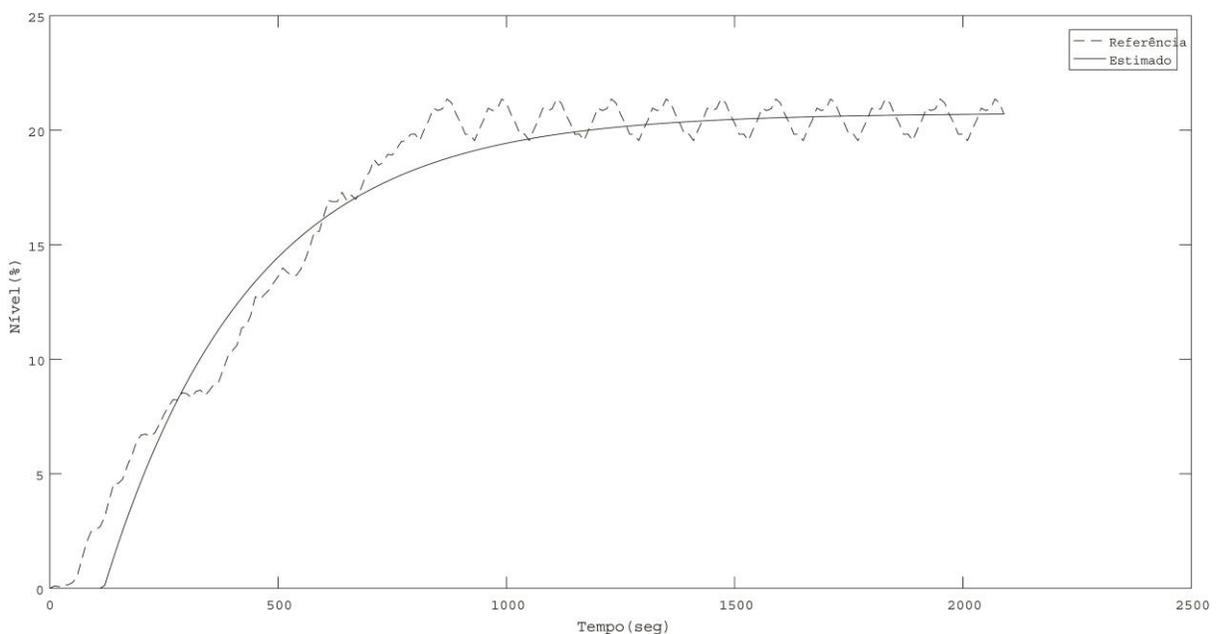


Figura 2 – Curva de aproximação de primeira ordem.



A equação que representa a função de transferência aproximada pode ser vista a seguir.

$$F(s) = \frac{0,59x e^{-85.9s}}{363,36s+1} \quad (3)$$

Após aproximação do sistema para primeira ordem e com a função de transferência obtida pelo algoritmo genético, são determinados os valores dos parâmetros do controlador PI, usando a função de transferência que foi obtida pela síntese direta, sendo utilizado para identificar os parâmetros do controlador PI, para otimizar o processo. Obteve-se os seguintes valores para o controlador PI, $K_p = 1:8$ e $K_i = 0:005$. Os parâmetros foram obtidos os introduzidos no Matlab®, e demonstrado na figura 3, onde os novos valores da parametrização são comparados com os parâmetros antigos.

O algoritmo genético proporcionou o cálculo apropriado do controlador PI ao convergir para a função de transferência da planta real, a partir de simulações com os dados originais em circuito de malha aberta com o PI otimizado. A partir dos resultados obtidos pelo algoritmo genético foi verificada que a função de transferência apresentou um fator de instabilidade menor que 0,3. A partir desde dado, foi estudada uma forma para manter o controle atual.

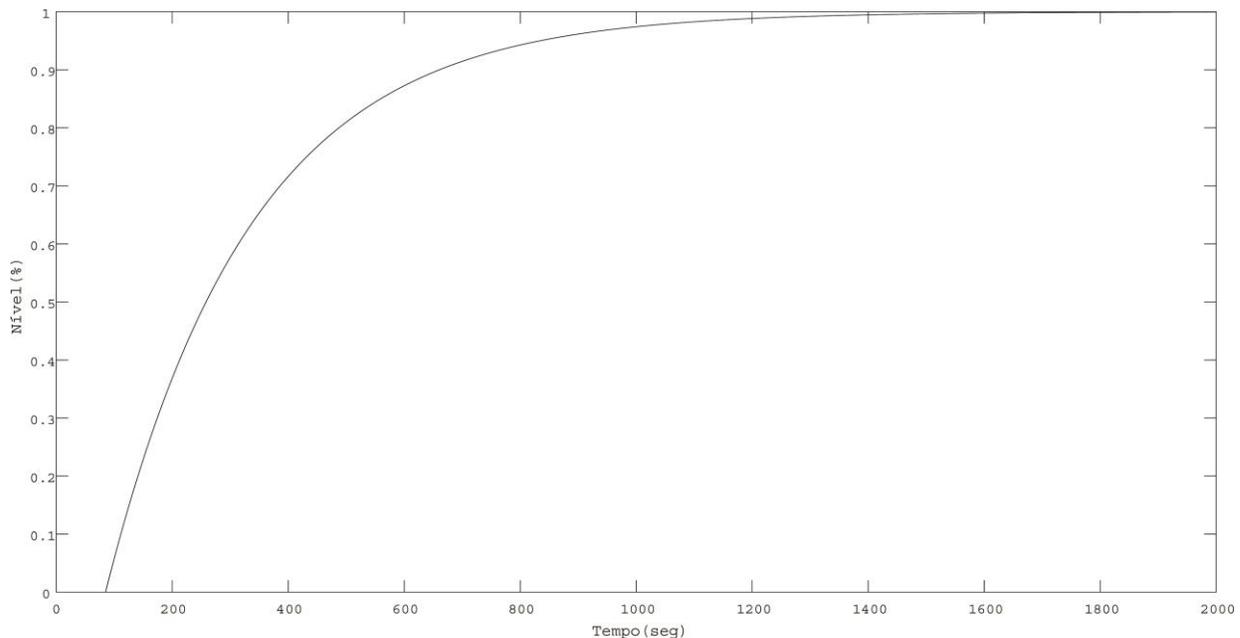


Figura 3 – Curva de aproximação de primeira ordem.

A aplicação do algoritmo genético foi utilizada para a modelagem da função de transferência através da curva de reação do processo. Foram calculados os novos parâmetros do controlador PI, que poderão ser aplicados no controle de nível da indústria de painéis de partículas de madeira. Através de um degrau foi realizado o teste para identificar do modelo da planta real, e a partir do resultado obtido por simulação e validação realizada, observou-se que, o propósito do trabalho foi alcançado através



da compensação do tempo morto. Fazendo-se a modelagem do processo, identificou-se que ajustando os parâmetros do controlador será possível compensar o atraso do processo.

5. CONCLUSÃO

Devido ao mercado ter uma ampla concorrência, uma planta com parâmetros otimizados, mostra grandes vantagens perante aos concorrentes. A proposta deste trabalho foi alcançada com êxito, em que após vários testes simulados e com as análises dos resultados apresentados foi constatado a eficácia da estratégia para seu propósito, porém não sendo possível a aplicação na planta real devido dificuldades internas na empresa.

A partir dos resultados alcançados foi possível obter boas respostas para otimização do controlador do processo em estudo. Este trabalho poderá ser aprimorado em pesquisas futuras, sendo ainda possível realizar o teste com algoritmo genético em malha fechada.

6. REFERÊNCIAS

BOMFIM JUNIOR, F. C. **Modelagem de Funções de Transferência de Plantas Industriais em Malha Aberta e Fechada utilizando Algoritmos Genéticos**. 2017. 51f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, (2017). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica.

CABRAL, H. A., DE MELO, M. T. **Using genetic algorithms for device modeling**. IEEE Transactions on Magnetics, 47-5, (2011).

GARCIA, C. **Controle de Processos Industriais**, Editora Edgard Blucher, 1. Ed., p. 600 (2017)

MORAES, A. J. **Sistemas de Controle Realimentado**. 2017. 131p. Apostila do Departamento de Engenharia de Controle e Automação. Faculdade de Engenharia Elétrica FEELT, Universidade Federal de Uberlândia.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**, Editora Prentice-Hall do Brasil, Rio de Janeiro, (2000).