

Simulação para o controle otimizado em rede sensória de nivelamento

Leonardo Guimarães Aleixo¹

¹Engenheiro de telecomunicações
Formado pela Universidade Federal do Pará (UFPA)

leotelecom@bol.com.br - <https://orcid.org/0000-0002-1825-934X>

Abstract. *A prototype that uses a free and present coding license for the application of the level control of the volume of water contained in the reservoir, with the optimized and numerical method generating simulation for the control of states. The prototype allows academic study with automation and analysis of triggering signals. At the end, it presents control diagrams of the mathematical simulation for the generation of a free system, with academic operational network projection that automates computerized equipment, for the control of the systematic pumping that projects the state space in the analysis of the response through iterations.*

Resumo. *Este trabalho desenvolve método em simulação para o controle de nivelamento em reservatórios, utilizando modelagem matemática otimizada, com análise numérica de sinais processados por microcontrolador. O estudo permite desenvolver automação de sinais por acionamento em equipamento, utilizando código livre e material de baixo custo acessível ao estudante e pesquisador. Também são apresentados os diagramas de controle com visualização gráfica da simulação matemática, com fins em ampliar para um sistema otimizado mais complexo. A pesquisa também permite projetar uma rede operativa e acadêmica, para a automação de equipamentos computadorizados com o controle de bombeamento sistemático.*

1. Introdução

A indústria de automação desenvolve equipamentos para diversas áreas, sendo que muitos deles são proprietários e requerem treinamento específico. A modelagem matemática com a otimização de soluções permite projetar numericamente diversos equipamentos eletrônicos para fins de estudo e para o uso comercial. É proposto neste trabalho um modelo de equipamento aplicado na otimização de rede de sensores, utilizando o estudo por código computacional de uso livre em conjunto a dispositivos de baixo custo, com o objetivo em prover estudantes e pesquisadores do conhecimento e construção de um sistema embarcado para equipamentos automatizados. As referências demonstram o conhecimento de construção de sistema, onde é visto em [Mendes et al. 2009] sistemas de controle como proposta de metodologia de alocação de zeros, na solução do problema de rastreamento do sinal em modelos discretos, com perturbação de entrada na planta e modelagem matemática.

O estudo de sensores de vazão pode ser visto em [Ramos and Wense 2008], onde o nível de preenchimento líquido utiliza a projeção de componentes que podem

interagir e executar tanto funções eletroeletrônicas quanto mecânicas. Tem-se a base de construção de um equipamento mais complexo em [Vieira et al. 2010] como forma em expandir o estudo acadêmico para a área mais industrial. A aplicação de um sistema embarcado para o controle do nivelamento e da vazão de líquidos não inflamáveis é visto em [SILVA et al. 2015], e em [de Oliveira Lira et al. 1997] temos dispositivo de sensor por filamento, que ser utilizado como nível indicador de preenchimento em depósito. O micro controlador PIC16F628A é bastante conhecido no estudo acadêmico, tem baixa complexidade de operação e vem com ampla documentação que torna possível estudar programação codificada aplicada com funções de interrupções básicas e vista em [Datasheet 2019].

A Meta-heurística aplicada a automação permite prever por simulação o quanto um sistema embarcado pode ser controlado e até modificado para fins de controle industrial. É visto em [Júnior and da Silva 2016] definição otimizada para carga e descarga de contêiner buscando viabilidade econômica com importância para o comércio marítimo. Em [Aradi 2015] é demonstrado melhor forma de otimizar conjuntos de tarefas em operação submarina, com aplicação de programação e análise para o melhor custo benefício. Para [Tamura 2019] a meta-heurística pode implementar o conjunto mais adequado de tarefas onde o apoio marítimo de serviços e abastecimento possa ser otimizado através da simulação de iterações¹ e melhor ganho.

Em [Júnior and da Silva 2016] é apresentada aplicação otimizada em carga e descarga de contêiner para a viabilidade econômica, com importância para o comércio marítimo. Em [Aradi 2015] é viabilizado melhor forma de otimizar conjuntos de tarefas em operação submarina, com aplicação de programação e análise para o melhor custo e benefício. Vemos em [Tamura 2019] a meta-heurística aplica conjunto mais adequado de otimização, com apoio marítimo de serviços sendo otimizado através da simulação de melhor ganho.

2. Materiais e métodos

2.1. Equipamento para controle de bombeamento

É apresentado aqui o modelo de dispositivo de nivelamento que vai captar sinais processados para serem otimizados, onde o mesmo deverá operar em uma estrutura simples para o controle de bombeamento Figura 1, utilizando os recursos nativos de memória de 2048 palavras dados com 224 bytes SRAM e 128 bytes de EEPROM. O esquemático elaborado vai permitir programar codificação de controle com computação de dados e processamento mínimo de operação, onde todos os componentes deverão ser acoplados e montados no circuito do projeto com proteção para as descargas elétricas. Os sinais serão chaveados por controle elétrico através de três sensores com filamentos que farão o contato de curto-circuito dentro do meio material da substância fluídica não inflamável. Resistores são ligados aos pinos da porta lógica B do micro controlador para receber os sinais provindos dos contatos de nível (1, 2, 3 e 4) e assim gerar o fluxo de corrente para o controle computadorizado dos pinos A0 ao A3. Haverá alteração de seus estados lógicos de resposta a impulso no processamento, definindo a iluminação dos LED's com ativação ou desativação da moto-bomba.

¹É o processo de repetição de uma ou mais ações. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Iteração>

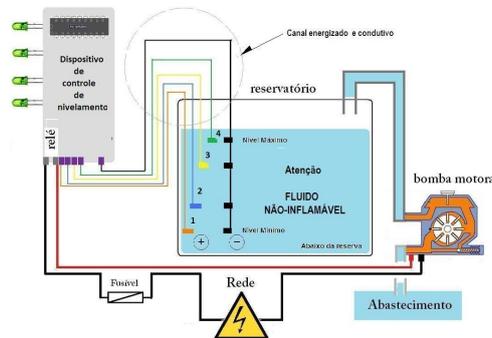


Figura 1. Controle de nívelamento

2.2. Método de otimização

Os valores numéricos de sinais do nível de preenchimento, passam pela aplicação do método de meta-heurística que este trabalho incorpora e executa através do Algoritmo 1 *busca Tabu* como modelo de estudo para respostas ótimas. Adaptando o código programável ao problema da mochila aos parâmetros de respostas de sinais do equipamento. Para a Busca Tabu tenta-se alcançar um esquema de gerenciamento de memória que reduza a possibilidade de examinar mais de uma vez um mesmo conjunto de estados de rede de sensores como solução do problema S . A prática do método visa encontrar melhor conexão na análise de parâmetros dos estados de ligação, onde a programação em código computacional vai aplicar conjunto das proibições do algoritmo ao registro de memória dinâmica, pois, isso possibilita sua alteração de acordo com o progresso da busca e demais circunstâncias. Sendo assim chega-se ao modelo (1) da função objetivo desenvolvida, e com possibilidades de ser convertido em código computadorizado programado.

Algoritmo 1: BUSCA TABU

```

Gerar uma solução inicial  $S$ , e fazer  $S^* := S$ 
Inicializar a Lista Tabu ( $T$ ) e contadores  $p$  e  $q$ 
início
  Enquanto  $p \neq p_{max}$  e  $q \neq q_{max}$  Faça
  início
    Selecionar o melhor vizinho  $S' \in N(S) \setminus T$ 
    Selecionar o melhor vizinho  $S'' \in N(S) \cap T$ 
    início
      Se  $f(S'') < f(S')$  e  $f(S'') < f(S^*)$  então
         $S' \leftarrow S''$ 
      Se  $f(S') < f(S^*)$  então
         $S^* \leftarrow S'$ 
         $q \leftarrow 0$ 
      Se  $f(S') < f(S)$  então
        coloque o movimento inverso ( $S', S$ ) na lista  $T$  e atualize  $T$ 
         $S \leftarrow S'$ 
         $p \leftarrow p + 1$ 
         $q \leftarrow q + 1$ 
    fim
  fim
fim
Saia com a solução  $S^*$ , para um conjunto otimizado de filtros digitais em uma rede de transmissão de sinais.

```

$$S_n = \left[\prod_{j=0}^{18} (\textit{peso}) \right] \cdot \left[\textit{Máximo} \left(\sum_{i=1}^{18} \textit{otimizado}[j] \cdot \mathbf{A}_i \right) - \mathbf{A}_{\textit{máximo}} \right] \quad (1)$$

3. Implementação de projeto otimizado

3.1. Simulação de estados

Os estados de sinais do equipamento de nivelamento vão representar parâmetros de otimização de Nós em uma rede de conexão, e vão ajustar novas iterações entra diversos equipamentos. A Tabela 1 apresenta cinco estados simulados através dos sensores controlados pelo equipamento projetado para nivelamento, com apresentação dos valores de impulso [0 e 1] que representam dois estados para o conjunto mínimo de ligação. Os seguintes modos de operação são apresentados para simulação: [0 0 0 1]; o [0 0 1 1]; [0 1 1 1] e o [1 1 1 1], com apresentação dos parâmetros de pesos atribuídos [1, 3, 7 e 15], a inversão desses números vai definir os valores de benefício. O valor máximo do peso vai predizer o estado em que o nível de preenchimento do reservatório estará no mínimo, onde otimização do conjunto de soluções no sistema embarcado deverá controlar os eminentes possíveis vazamentos que ocorrerão nos depósitos preenchidos. O resultado é apresentado na Tabela 2 dividida em três partes, onde vemos simulação de 18 possíveis estados de ligação entre equipamentos, que podem estar conectados em rede para enviar leituras dos sinais ao sistema embarcado com o retorno de soluções ótimas. Onde as mesmas vão servir de controle de equilíbrio entre o processo de vazão e o limite de preenchimento total, ao longo de depósitos. A Figura 2 demonstra diagrama da rede de equipamentos conectada, com apresentação de fluxo de operação do equipamento.

Tabela 1. Estado simulado de ativação

Modo sensório	Código binário	Peso	Benefício
Nível 1	0 0 0 1	1	15
Nível 2	0 0 1 1	3	7
Nível 3	0 1 1 1	7	3
Nível 4	1 1 1 1	15	1

Tabela 2. Conjunto de sensores em estados de ativação

Sensor	Estado de ligação	Peso	Benefício	Sensor	Estado de ligação	Peso	Benefício	Sensor	Estado de ligação	Peso	Benefício
1	0 0 0 1	1	15	7	1 1 1 1	15	1	13	1 1 1 1	15	1
2	0 0 1 1	3	7	8	0 1 1 1	7	3	14	0 0 1 1	3	7
3	0 1 1 1	7	2	9	1 1 1 1	15	1	15	0 0 0 1	1	15
4	1 1 1 1	15	1	10	0 0 0 1	1	15	16	1 1 1 1	15	1
5	0 0 1 1	3	7	11	0 1 1 1	7	3	17	1 1 1 1	15	1
6	0 0 0 1	1	15	12	1 1 1 1	15	1	18	1 1 1 1	15	1

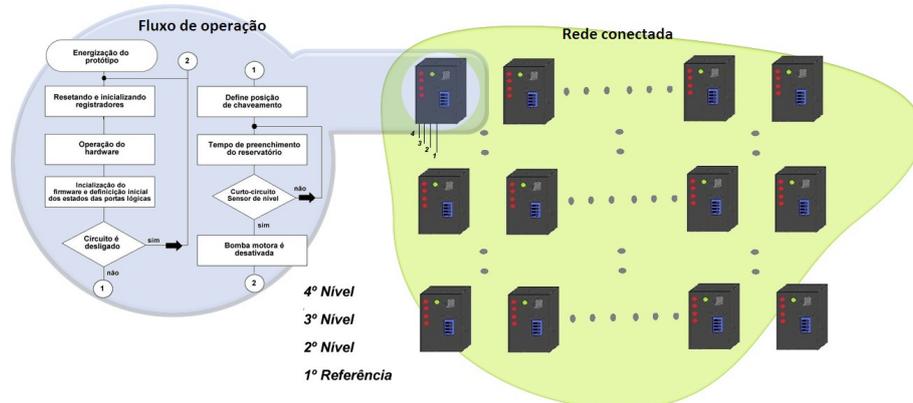


Figura 2. Diagrama geral de operação.

3.2. Estados de ligação conectados em rede

A Meta-heurística aplicada pode retornar resultados que são vistos na Tabela 3 para a simulação das nove iterações definidas através da execução do código computacional escrito em linguagem Python². A incorporação dos parâmetros [peso, benefício] na execução da otimização retorna as respostas de soluções pelo algoritmo de Busca Tabu, com quantidade de iterações que podem ser também processadas para um sistema computacional mais complexo. O grupo dos sinais binário e valores numéricos de impulsos elétricos retornados pelos sensores otimizados, tendem a preencher o critério do peso máximo com paridade ao benefício aplicado, com gerência automatizada do conjunto de sensores e controle redistribuído através da programação. Através do consumo de energia o projetista elétrico pode ajustar o conjunto de equipamentos em um sistema de automação ligado em rede externa elétrica. Para isso, os dados de potência otimizada também podem ser vistos na Tabela 3 subdividida em: rede otimizada em potência, demonstrando a quantidade de equipamentos ativos seus limites de potência, e a rede de equipamentos otimizada. Em que o valor 1 indica os dispositivos ativos em cada iteração de sensores acoplados. A quantidade de equipamentos ativos demonstra aproximação a valores de máximo estado, com proximidade para um nível mínimo de volume de líquido. Temos representação na Figura 3 de diagrama simulado de um conjunto de iterações e soluções otimizadas de sensores.

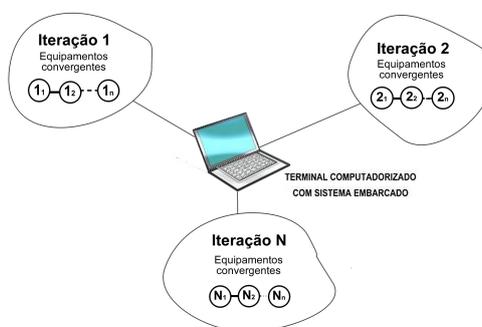


Figura 3. Diagrama entre redes de iterações conectadas

²<https://github.com/marcoscastro/mochila-inteiro-busca-tabu>

contendo quatro equipamentos interligados.

Conforme a análise das feitas através da Figura 5(a) e na Figura 5(b) é apresentado a simulação dos estados [1, 2] poder requerer ajustes de controle devido a aproximação dos [Polos e Zeros]. A Figura 5(c) demonstra maior distanciamento dos [Polos e Zeros], o que define tendência a estabilização para o controle do sistema, com necessidade de ajuste do modelo de operação automatizada.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = T(s) = \frac{D(s)G(s)}{1 + D(s)G(s)H(s)} \quad (2)$$

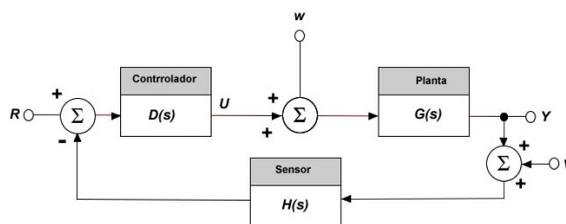


Figura 4. Diagrama simplificado em malha fechada

Tabela 4. Composição simulada de três estados de operação

Estado 01					Estado 02					Estado 03							
Iteração	equipamento				Ativos	Iteração	equipamento				Ativos	Iteração	equipamento				Ativos
	1	2	3	4			1	2	3	4			1	2	3	4	
1	1	1	1	0	3	1	1	1	0	1	3	1	1	1	0	3	
2	1	1	0	1	3	2	1	1	1	0	3	2	1	1	1	0	3
3	1	1	1	0	3	3	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0	3
4	1	1	0	1	3	4	1	1	1	1	4	4	0	0	0	1	1

$$H(s) = \frac{s^4 - 4s^3 + 3s^2}{s^4 - 4s^3 + 3s^2 - 6,66 \cdot 10^{-16} s} \quad (3)$$

$$H(s) = \frac{s^4 - 3s^3 + 1s^2}{s^4 - 3s^3 + 1s^2 - 1,9 \cdot 10^{-16} s} \quad (4)$$

$$H(s) = \frac{s^4 - 4s^3 + 2s^2}{s^4 - 4s^3 + 3s^2 - 6,66 \cdot 10^{-16} s} \quad (5)$$

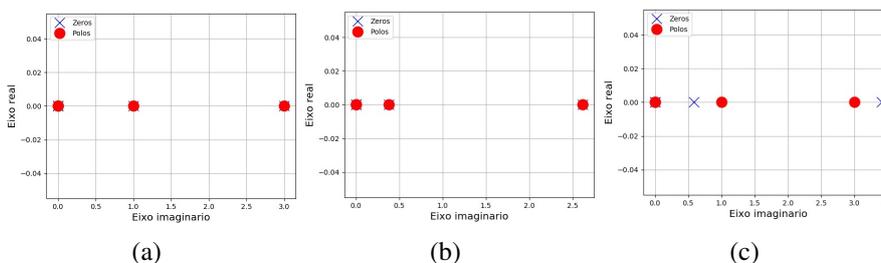


Figura 5. Em (a) temos o diagrama de polos e zeros para a (3), em (b) temos o diagrama de polos e zeros para (4), em (c) vemos o diagrama de polos e zeros para a (3).

5. Aplicação

A modelagem do equipamento em automação e otimização define método e meios de estudo acadêmico para sistemas de controle, e torna possível desenvolver um dispositivo simples de baixo custo, contendo microcontroladores e placas PCI e com documentação disponível em literatura. O código programável torna possível a simulação de otimização busca tabu na análise da resposta de estado de um sistema embarcado simples com possibilidade de aplicação também em meios industriais e com incorporação de controles mais complexos. Este trabalho torna acessível ao estudante e pesquisadores modelar base de projetos industriais, utilizando a modelagem aplicada com resposta de sinais.

6. Conclusão

O trabalho modela de forma matemática a automação de projeto e sem exigência de componentes mais complexos, demonstrando o funcionamento de dispositivo para o controle do regime de vazão e preenchimento em reservatório. A otimização que foi aplicada traz resultados simulados com respostas de estados de conexão entre dispositivos, e através de controle de sistema embarcado para retornar estados de acionamento dos sensores, indicando o nível de preenchimento de água em reservatório. A modelagem utilizou código em Python para gerar funções de transferências para prever o comportamento de estabilidade.

Referências

- Aradi, T. C. (2015). *Planejamento de operações de manutenção submarina*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Datasheet (2019). View datasheet. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf>.
- de Oliveira Lira, C. A. B., Sobrinho, J. A. M., Antonino, A. C. D., de Mello, F. L. V., and Carneiro, C. J. G. (1997). Sensor capacitivo para medição do nível de água. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(6):617–620.
- Júnior, G. and da Silva, J. (2016). Abordagem metaheurística híbrida para otimização do planejamento de estiva de navios porta-contêineres. *RDBU- Repositório Digital da Biblioteca da Unisinos*.
- Mendes, R. d. A. T., Assunção, E., Teixeira, M., and Andrea, C. (2009). Controle ótimo h_∞ com modificação de zeros para o problema do rastreamento em sistemas discretos usando lmi. *Trends in Computational and Applied Mathematics*, 10(2):179–190.
- Ramos, A. P. and Wense, G. L. B. (2008). Sistema didático de nível de líquidos. *Trabalho de graduação, Universidade de Brasília, Brasília, DF, jul.*
- SILVA, J. R., GOMES, H. A., and CAVALI, A. (2015). Desenvolvimento de protótipo para teste de vazão e nível em poços artesianos. *UniAnchieta- Primeiro Simpósio de Engenharia Eletrônica*.
- Tamura, K. Y. (2019). *Heurísticas de programação linear inteira para resolução de problemas de programação de frota com restrições de sincronização*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Vieira, L., Loureiro, A., Fernandes, A., and Campos, M. (2010). Redes de sensores aquáticas. *XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, Gramado, RS, Brasil, 24.*