

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Julia Rezende Rocha  
2017083962

## Relatório trabalho prático final de ATR (Parte 1)

Setembro/2020

O trabalho em questão tem como objetivo o monitoramento e controle da altura do líquido de dois tanques com dimensões diferentes. Para isso foi necessário criar três threads que funcionam paralelamente.

O tanque 1 possui as seguintes dimensões:

- Raio maior: 4
- Raio menor: 2
- Altura total: 4
- Coeficiente de descarga: 2

O tanque 2 possui as seguintes dimensões:

- Raio maior: 3
- Raio menor: 1
- Altura total: 3
- Coeficiente de descarga: 2

As `process_thread_1` e `process_thread_2` são responsáveis pelo cálculo das seguintes equações dinâmicas dos tanques, respectivamente:

$$\dot{h}_1(t) = \frac{q_1^i(t) - q_1^o(t) - q_2^i(t)}{\pi \left[ r_1 + \frac{R_1 - r_1}{H_1} h_1(t) \right]^2},$$
$$\dot{h}_2(t) = \frac{q_2^i(t) - q_2^o(t)}{\pi \left[ r_2 + \frac{R_2 - r_2}{H_2} h_2(t) \right]^2}.$$

Sendo que  $h_1(t)$  e  $h_2(t)$  variam de acordo com a função seno do tempo. Como  $q_{\text{output}}$  é diretamente proporcional à raiz quadrada de  $h_1$  e  $h_2$  o valor da função seno foi declarado como absoluto, para evitar números complexos.

O resultado dessas equações são as derivadas de  $h_1(t)$  e  $h_2(t)$ . Para se ter seus valores não derivados, é necessário integrá-los. Para isso, foi utilizado o método de integração Runge-Kutta, que é utilizado para se calcular o valor de  $h_1(t+\Delta t)$  e  $h_2(t+\Delta t)$ .

Para se utilizar o método Runge-Kutta é necessário calcular os seguintes valores:

- $k_1$  é a inclinação no início do intervalo;
- $k_2$  é a inclinação no ponto médio do intervalo, usando a inclinação  $k_1$  para determinar o valor de  $y$  no ponto  $t_n + h/2$  através do método de Euler;
- $k_3$  é novamente a inclinação no ponto médio do intervalo, mas agora usando a inclinação  $k_2$  para determinar o valor de  $y$ ;
- $k_4$  é a inclinação no final do intervalo, com seu valor  $y$  determinado usando  $k_3$ .

Ao fazer a média das quatro inclinações, um peso maior é dado para as inclinações no ponto médio:

$$\text{inclinação} = \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}.$$

Após achar os valores de  $h_1(t+\Delta t)$  e  $h_2(t+\Delta t)$  entra em ação a terceira thread: softPLC.

A thread softPLC é responsável pelo controle do nível de ambos os tanques, nela é feito um controle PID para se determinar, baseado nos valores de  $h_1(t+\Delta t)$  e  $h_2(t+\Delta t)$ , as vazões de entrada dos tanques 1 e 2, a partir de um setpoint pré setado. Para o tanque 1 o setpoint escolhido foi de 2 e para o tanque 2 o setpoint escolhido foi de 1. Os valores de PID foram escolhidos baseados na documentação da biblioteca encontrada na internet, sendo  $p=1$ ;  $i=0.1$ ;  $d=0.05$ .

Referência para a implementação do controle PID:  
<https://simple-pid.readthedocs.io/en/latest/>

Em suma, o controle do tanque funciona da seguinte forma:

- As `process_threads` 1 e 2 chamam a função `calculo_altura_integral_tanque` que implementa o método Runge-Kutta, chamando a função `calculo_diferencial_tanque` para calcular os valores de  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  e  $k_4$  e assim determinar os valores de  $h_1(t+\Delta t)$  e  $h_2(t+\Delta t)$ . A função `calculo_altura_integral_tanque` se repete a cada 200 ms.
- A função `calculo_diferencial_tanque` somente calcula a equação dinâmica dos tanques e é chamada exclusivamente pela função `calculo_altura_integral_tanque`.
- A thread softPLC chama a função `controlador`. Sua principal função é utilizar os valores de  $h_1(t+\Delta t)$  e  $h_2(t+\Delta t)$  calculados pela função `calculo_altura_integral_tanque` e a partir da comparação desses valores com o setpoint escolhido, determinar os valores de vazão de entrada dos tanques 1 e 2, que serão utilizados para determinar a altura diferencial na função `calculo_diferencial_tanque`. A função `controlador` se repete a cada 100 ms.

Para que a thread funcionasse sem problemas preemptivos foi utilizado o mutex. Toda vez que as variáveis globais forem ter seus valores mudados, o mutex entra no estado lock, e após a mudança das variáveis ele volta para o estado unlock para que outras funções possam ser capazes de alterar os valores de tais variáveis.