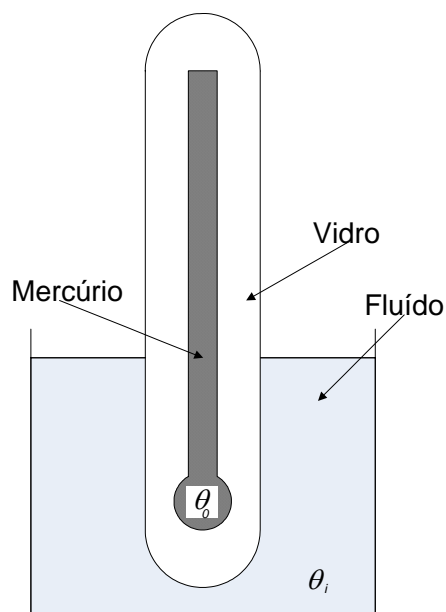


A prova é com consulta.  
Não é permitida a utilização de telemóvel.  
A duração da prova é de 120 min

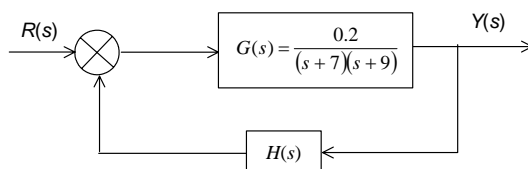
### Parte I

1. Considere o seguinte esquema de um sistema com um termómetro de mercúrio imerso num fluido, cuja temperatura aumenta em função da temperatura do fluido  $\theta_i$ .

- Escreva as equações dinâmicas deste sistema em termos dos parâmetros, fluxo de calor  $q$ , temperatura  $\theta$ , resistência calorífica  $R$ , e capacidade térmica  $C$ , dos diferentes elementos constituintes do sistema.
- Construa o diagrama de blocos para este sistema, tendo como entrada a temperatura do fluido  $\theta_i$  e como saída a temperatura do mercúrio  $\theta_o$ .
- Simplifique o diagrama de blocos anterior, de forma a obter a função de transferência deste



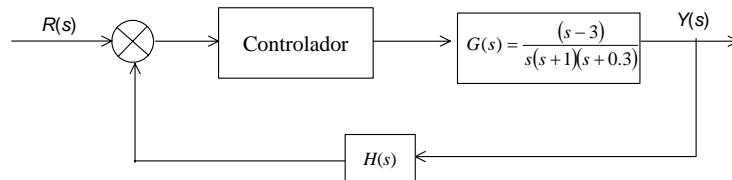
2. Um dado sistema apresenta o diagrama de blocos representado na figura seguinte.



- Esboce a resposta temporal deste sistema a uma entrada em degrau unitário, indicando claramente, caso existam, o valor máximo da saída, o tempo de subida, o tempo de pico, o tempo de estabelecimento e o valor final da resposta. Considere a realimentação unitária.
- Qual é o erro em regime permanente deste sistema a uma entrada em rampa unitária?

## Parte II

3. Considere o seguinte sistema:



- a) Sabendo que este sistema possui uma realimentação unitária e um controlador proporcional, calcule o Lugar Geométrico de Raízes directo ( $K > 0$ ) do sistema, tendo o controlador como parâmetro.  
**Nota:** caso não consiga determinar os pontos de quebra devido ao grau do polinómio, considere que obtêm um polinómio do 3º. grau, cujos zeros são:  $-0.1$ ,  $5$  e  $-0.5$ .
- b) Considere que adicionou um controlador PI ao sistema, com  $T_i = 5$  seg, diga justificando, para que valores do ganho  $K$  é que o sistema é estável.
- c) Escreva as linhas de código MATLAB necessárias para esboçar o Lugar Geométrico de Raízes pedido na alínea anterior.
- d) Considere que se retirou o controlador do sistema e que se cancelou o pólo em  $s = -0.3$ . Qual é a Margem de Ganho e a Margem de Fase deste sistema? Tendo por base estes valores, que conclui sobre a estabilidade deste sistema?