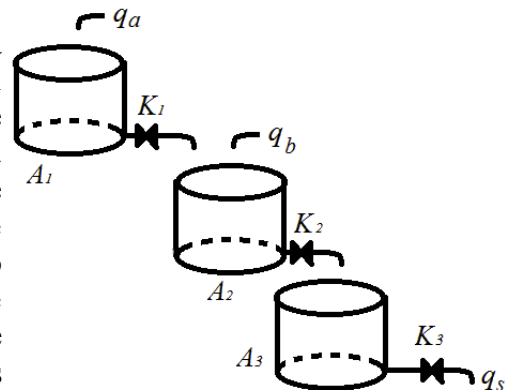


Nome: \_\_\_\_\_

DRE: \_\_\_\_\_

Esta folha deverá ser entregue juntamente com as folhas contendo a resolução das questões.

**1ª Questão)** Considere os tanques de líquido mostrados na figura ao lado. Os tanques tem áreas de seção transversal  $A_1=A$ ,  $A_2=2A$  e  $A_3=3A$ . Todas as válvulas de controle de vazão tem comportamento proporcional à pressão, ou seja, a vazão passando pela válvula é proporcional à diferença de pressão entre montante e jusante, com constantes de proporcionalidade  $K_1=K$ ,  $K_2=K/2$  e  $K_3=K/3$ . Modele o sistema como um diagrama de blocos e forneça a função de transferência entre as flutuações de vazão nas entradas,  $q_a$  e  $q_b$ , individualmente, e flutuação na saída  $q_s$ . Considere as alturas de líquido nos tanques como  $h_1$ ,  $h_2$  e  $h_3$ .



**2ª Questão)** Considere uma flutuação de vazão na entrada  $q_a$  em impulso unitário e como uma função harmônica de amplitude unitária e frequência  $\omega$  para  $q_b$  na modelagem da questão anterior. Calcule a expressão, no domínio da frequência, para a resposta  $q_s$  do sistema em cada caso separadamente e para as duas entradas atuando simultaneamente. Qual o efeito de uma frequência muito elevada na resposta  $q_s$ .

**3ª Questão)** Considere o controle da posição vertical de um pêndulo invertido, modelado como uma massa pontual  $m$  em um braço de alavanca de comprimento  $l$ , se movimentando apenas em um plano vertical. O controle é efetuado por um torque a partir de um sistema de controle do tipo PD (proporcional derivativo) com constantes  $K_p$  e  $t_d$  respectivamente. Modele o sistema, linearizado, em forma de diagrama de blocos considerando não somente a referência mas também perturbações ao sistema. Forneça a resposta do sistema para excitações harmônicas na referência.

**4ª Questão)** Considere para o sistema da questão anterior o critério de estabilidade de Routh e determine as condições de estabilidade para a escolha dos parâmetros do controlador.

**5ª Questão)** Considere o pêndulo da 3ª questão controlado agora em uma posição horizontal. Modele o sistema linearizado e discuta o efeito de um controlador tipo PID (proporcional integral derivativo) para o comportamento do erro na manutenção desta posição horizontal.