



## Exercício de Laboratório de Sistemas de Controle

### Questão 1

Considere a dinâmica de um pêndulo simples como o ilustrado na figura 1, onde  $u$  representa um torque de entrada fornecido por um motor DC.

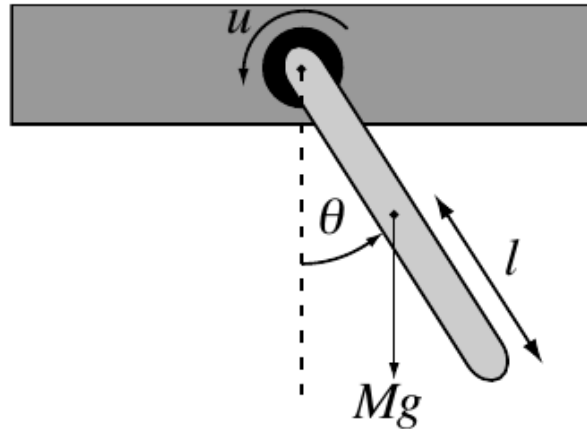


Figura 1: Pêndulo Simples

- Obtenha um modelo em espaço de estados para o pêndulo da figura.
- Obtenha um modelo discreto para o mesmo sistema.
- Obtenha um modelo linear para o mesmo sistema.
- Simule o pêndulo utilizando os diferentes modelos para entradas impulsivas, degrau e pulsação periódica de valor médio zero.
- Compare o comportamento do sistema linear com o não linear e discuta os resultados.
- Projete um sistema de controle com realimentação de estados completa (com controlador e observador). O sistema em malha fechada deve apresentar erro zero em regime permanente e tempo de acomodação menor do que 3 segundos.
- Compare o desempenho do controlador e observador no modelo linear e não-linear. Discuta os resultados.



## Questão 2

A aeronaves de decolagem e pouso vertical, popularmente conhecidas como VTOL, são aeronaves, como a ilustrada na Fig. 2, capazes de pairar, decolar e pousar verticalmente, podendo funcionar como uma aeronave normal em nível de voo. Essas aeronaves são comumente utilizadas em locais onde o espaço disponível para pouso e decolagem é pequeno. A dinâmica da aeronave simplificada pode ser modelada por:

$$G(s) = \frac{1}{s(s-1)}.$$



Figura 2: VTOL

- (a) O sistema é estável em malha aberta? Em caso negativo, ele pode ser estabilizado por meio de realimentação de saída utilizando um compensador proporcional? Qual deverá ser o ganho? Explique as ferramentas de análise empregadas para responder as questões.
- (b) Projete um sistema de controle com realimentação que garanta erro zero às referências em degrau, sobrevalor máximo de 5% e tempo de acomodação inferior a 2 segundos.