Disciplina: Mecânica do Voo
Professor: William Reis Silva **e-mail:** reis.william@unb.br

Lista de exercícios 3 – Completando o modelo não linear

1. Defina as seguintes características de uma asa.
- Envergadura
- Diedro
- Enflechamento
- Alongamento

2. Explique os trade-offs (ou seja, o que se perde e o que se ganha) ao se alterar as seguintes características de uma asa:
- Diedro
- Enflechamento
- Alongamento

3. Considerando o modelo não linear da aeronave com aproximação de Terra plana, descreva quais são os elementos do vetor de estados x e do vetor de entrada u. Veja que existe mais de uma possibilidade de modelo não-linear, e o aluno é livre para escolher qualquer um.

4. Explique como as superfícies de controle (aileron, leme e profundor) afetam o modelo não-linear. Utilize uma das superfícies, e seu efeito, como exemplo.

5. Como a propulsão afeta o modelo não linear?

6. O que é, e que relação descreve o coeficiente $C_l(\beta)$? Quais características do avião afetam essa relação? Explique cada uma delas, incluindo ilustrações se necessário.

7. Liste dois coeficientes adimensionais afetados pelo leme (rudder) de uma aeronave. Explique como, fisicamente, o leme afeta cada um deles.

8. Ao pilotar um aeromodelo, você percebe que a resposta em arfagem está instável, ou seja, ao fornecer um comando de profundor (elevator), mesmo que pequeno e de curta duração, α aumenta até que o avião entre em stall. Explique uma possível razão para a instabilidade. O que poderia ser feito para estabilizar? Informações extras: o aeromodelo, em si, possui fuselagem oca, na qual foram instalados diversos equipamentos: baterias, rádio transmissores, sensores, computador de bordo. Esses equipamentos não possuem lugar fixo (ou seja, podem ser instalados em qualquer lugar da fuselagem), e foram instalados de forma arbitrária.

9. Encontre as derivadas adimensionais do movimento longitudinal e látero-direcional com apresentado nas tabelas abaixo:

TABLE 2.5-3. Longitudinal Dimensional Versus Dimensionless Derivatives

$X_V = -\dfrac{\bar{q}S}{mV_T}(2C_D + C_{D_V}),$	$C_{D_V} = V_T\dfrac{\partial C_D}{\partial V_T}$
$X_\alpha = \dfrac{\bar{q}S}{m}(C_L - C_{D_\alpha}),$	$C_{D_\alpha} = \dfrac{\partial C_D}{\partial \alpha}$
$X_{\delta e} = -\dfrac{\bar{q}S}{m}C_{D_{\delta e}},$	$C_{D_{\delta e}} = \dfrac{\partial C_D}{\partial \mathrm{el}}$
$Z_V = -\dfrac{\bar{q}S}{mV_T}(2C_L + C_{L_V}),$	$C_{L_V} = V_T\dfrac{\partial C_L}{\partial V_T}$
$Z_\alpha = -\dfrac{\bar{q}S}{m}(C_D + C_{L_\alpha}),$	$C_{L_\alpha} = \dfrac{\partial C_L}{\partial \alpha}$
$Z_{\dot\alpha} = -\dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{2mV_T}C_{L_{\dot\alpha}},$	$C_{L_{\dot\alpha}} = \dfrac{2V_T}{\bar{c}}\dfrac{\partial C_L}{\partial \dot\alpha}$
$Z_q = -\dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{2mV_T}C_{L_q},$	$C_{L_q} = \dfrac{2V_T}{\bar{c}}\dfrac{\partial C_L}{\partial Q}$
$Z_{\delta e} = -\dfrac{\bar{q}S}{m}C_{L_{\delta e}},$	$C_{L_{\delta e}} = \dfrac{\partial C_L}{\partial \mathrm{el}}$
$M_V = \dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{J_Y V_T}(2C_M + C_{m_V}),$	$C_{m_V} = V_T\dfrac{\partial C_M}{\partial V_T}$
$M_\alpha = \dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{J_Y}C_{m_\alpha},$	$C_{m_\alpha} = \dfrac{\partial C_M}{\partial \alpha}$
$M_{\dot\alpha} = \dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{J_Y}\dfrac{\bar{c}}{2V_T}C_{m_{\dot\alpha}},$	$C_{m_{\dot\alpha}} = \dfrac{2V_T}{\bar{c}}\dfrac{\partial C_M}{\partial \dot\alpha}$
$M_q = \dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{J_Y}\dfrac{\bar{c}}{2V_T}C_{m_q},$	$C_{m_q} = \dfrac{2V_T}{\bar{c}}\dfrac{\partial C_M}{\partial Q}$
$M_{\delta e} = \dfrac{\bar{q}S\bar{c}}{J_Y}C_{m_{\delta e}},$	$C_{m_{\delta e}} = \dfrac{\partial C_M}{\partial \mathrm{el}}$

TABLE 2.5-4. Lateral–Directional Dimensional Versus Dimensionless Derivatives

$Y_\beta = \dfrac{\bar{q}S}{m}C_{Y_\beta}$	$C_{Y_\beta} = \dfrac{\partial C_Y}{\partial \beta}$
$Y_p = \dfrac{\bar{q}Sb}{2mV_T}C_{Y_p},$	$C_{Y_p} = \dfrac{2V_T}{b}\dfrac{\partial C_Y}{\partial P}$
$Y_r = \dfrac{\bar{q}Sb}{2mV_T}C_{Y_r},$	$C_{Y_r} = \dfrac{2V_T}{b}\dfrac{\partial C_Y}{\partial R}$
$Y_{\delta r} = \dfrac{\bar{q}S}{m}C_{Y_{\delta r}},$	$C_{Y_{\delta r}} = \dfrac{\partial C_Y}{\partial \mathrm{rdr}}$
$Y_{\delta a} = \dfrac{\bar{q}S}{m}C_{Y_{\delta a}},$	$C_{Y_{\delta a}} = \dfrac{\partial C_Y}{\partial \mathrm{ail}}$
$L_\beta = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_X}C_{l_\beta},$	$C_{l_\beta} = \dfrac{\partial C_l}{\partial \beta}$
$L_p = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_X}\dfrac{b}{2V_T}C_{l_p},$	$C_{l_p} = \dfrac{2V_T}{b}\dfrac{\partial C_l}{\partial P}$
$L_r = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_X}\dfrac{b}{2V_T}C_{l_r},$	$C_{l_r} = \dfrac{2V_T}{b}\dfrac{\partial C_l}{\partial R}$
$L_{\delta a} = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_X}C_{l_{\delta a}},$	$C_{l_{\delta a}} = \dfrac{\partial C_l}{\partial \mathrm{ail}}$
$L_{\delta r} = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_X}C_{l_{\delta r}},$	$C_{l_{\delta r}} = \dfrac{\partial C_l}{\partial \mathrm{rdr}}$
$N_\beta = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_Z}C_{n_\beta},$	$C_{n_\beta} = \dfrac{\partial C_n}{\partial \beta}$
$N_p = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_Z}\dfrac{b}{2V_T}C_{n_p},$	$C_{n_p} = \dfrac{2V_T}{b}\dfrac{\partial C_n}{\partial P}$
$N_r = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_Z}\dfrac{b}{2V_T}C_{n_r},$	$C_{n_r} = \dfrac{2V_T}{b}\dfrac{\partial C_n}{\partial R}$
$N_{\delta a} = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_Z}C_{n_{\delta a}},$	$C_{n_{\delta a}} = \dfrac{\partial C_n}{\partial \mathrm{ail}}$
$N_{\delta r} = \dfrac{\bar{q}Sb}{J'_Z}C_{n_{\delta r}},$	$C_{n_{\delta r}} = \dfrac{\partial C_n}{\partial \mathrm{rdr}}$