

Estudos Paramétricos no Projecto Conceptual de Aeronaves

Pedro V. Gamboa



Departamento de Ciências Aeroespaciais

Universidade da Beira Interior

Conteúdo

1. Introdução
2. Estudos Paramétricos
3. Apresentação dos Estudos
4. Optimização Multi-variável e Multi-disciplinar
5. Exemplo
6. Conclusão

1. Introdução

- O processo de projecto é iterativo numa área definida por requisitos rígidos;
- Este processo é satisfatório para obter a configuração inicial;
- O resultado é muito dependente dos parâmetros que definem a aeronave;
- Os estudos paramétricos permitem compreender a influência dos vários parâmetros no resultado final;
- Os estudos computacionais são importantes e obrigatórios devido à extensão dos cálculos;
- É necessária experiência para definir correctamente as interacções entre os vários parâmetros e as várias disciplinas.

2. Estudos Paramétricos

- Os estudos paramétricos fornecem as respostas às perguntas “E se...?”;
- A selecção e execução adequadas dos estudos é tão importante como uma configuração boa ou análise correcta para que a aeronave “óptima” possa emergir.

2.1. Objectivos dos estudos paramétricos

- Determinação de combinações de parâmetros do projecto que satisfaçam os requisitos operacionais especificados;
- Cálculo dos valores para os parâmetros de configuração mencionados acima que resultam na função objectivo mais favorável (por exemplo, peso de descolagem ou custo de operação);
- Estudos de sensibilidade para avaliar os efeitos de pequenas mudanças na forma ou geometria, propriedades dos materiais, coeficiente de arrasto, etc.;
- Análise de missão/desempenho e estudos de compromisso para investigar o efeito de variações nos requisitos de desempenho;
- Verificação do efeito de certos constrangimentos tecnológicos em termos de prejuízos no peso e no custo.

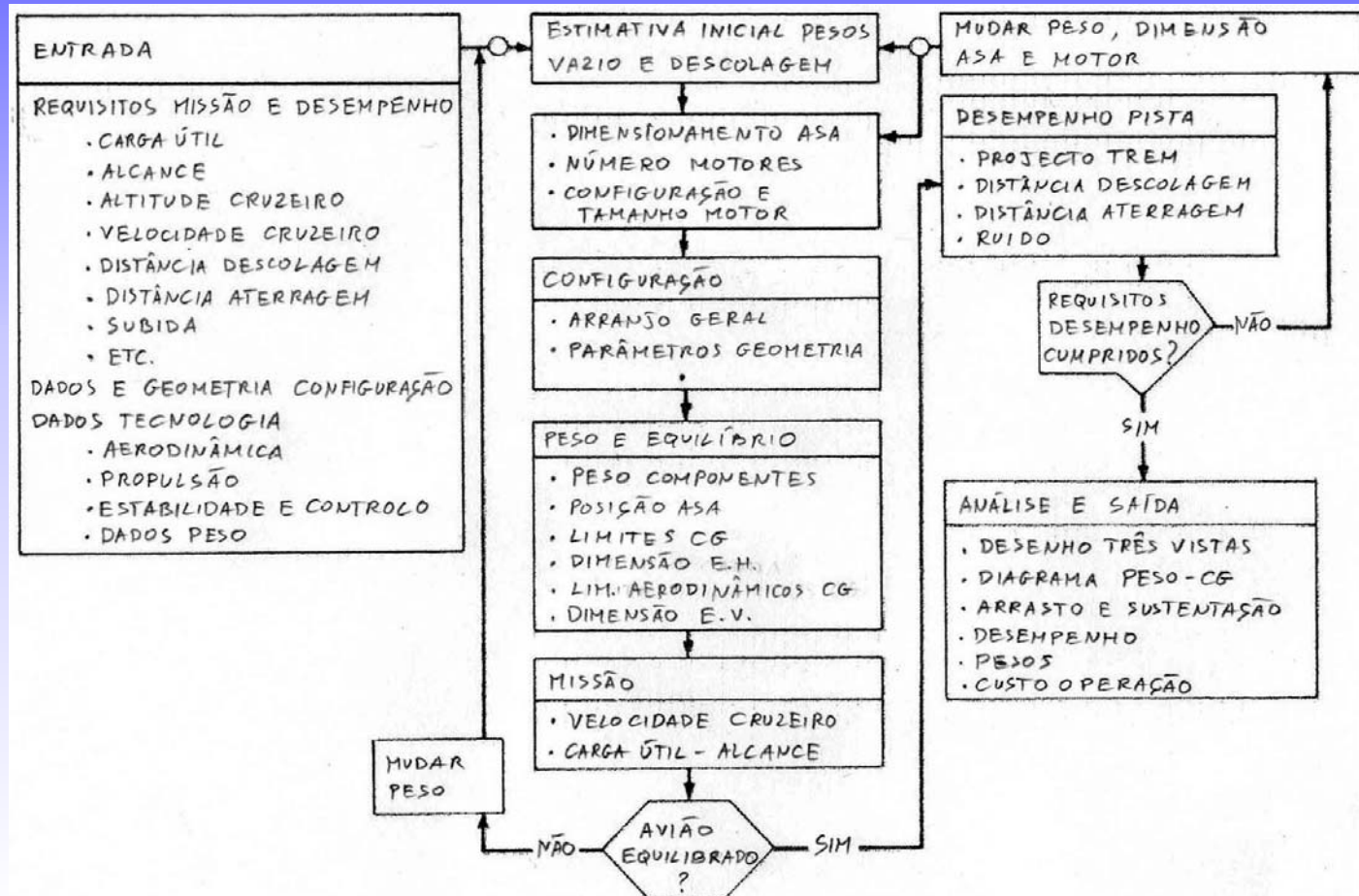
2.2. Categorias de estudos

- Estudos de projecto;
- Estudos de requisitos;
- Sensibilidades de crescimento.

Estudos de projecto	Estudos de requisitos	Sensibilidades de crescimento
T/W e W/S A, Λ t/c, λ Forma e arqueamento do perfil Sistemas de alta sustentação Esbeltez da fuselagem Diâmetro do hélice Materiais Configuração tipo de cauda enflechamento variável número e tipo de motor características de manutenção disposição dos passageiros Tecnologias avançadas	Alcance/carga útil/passageiros Tempo de espera Velocidade Taxa de volta, P_S , $n_{\max}$ Comprimento da pista Tempo de subida Nível de assinatura de radar Preço	Peso vazio C_{D0} e KC_{Dwave} C_{Lmax} Tracção e sfc instalados Preço do combustível

2.3. Procedimento dos estudos

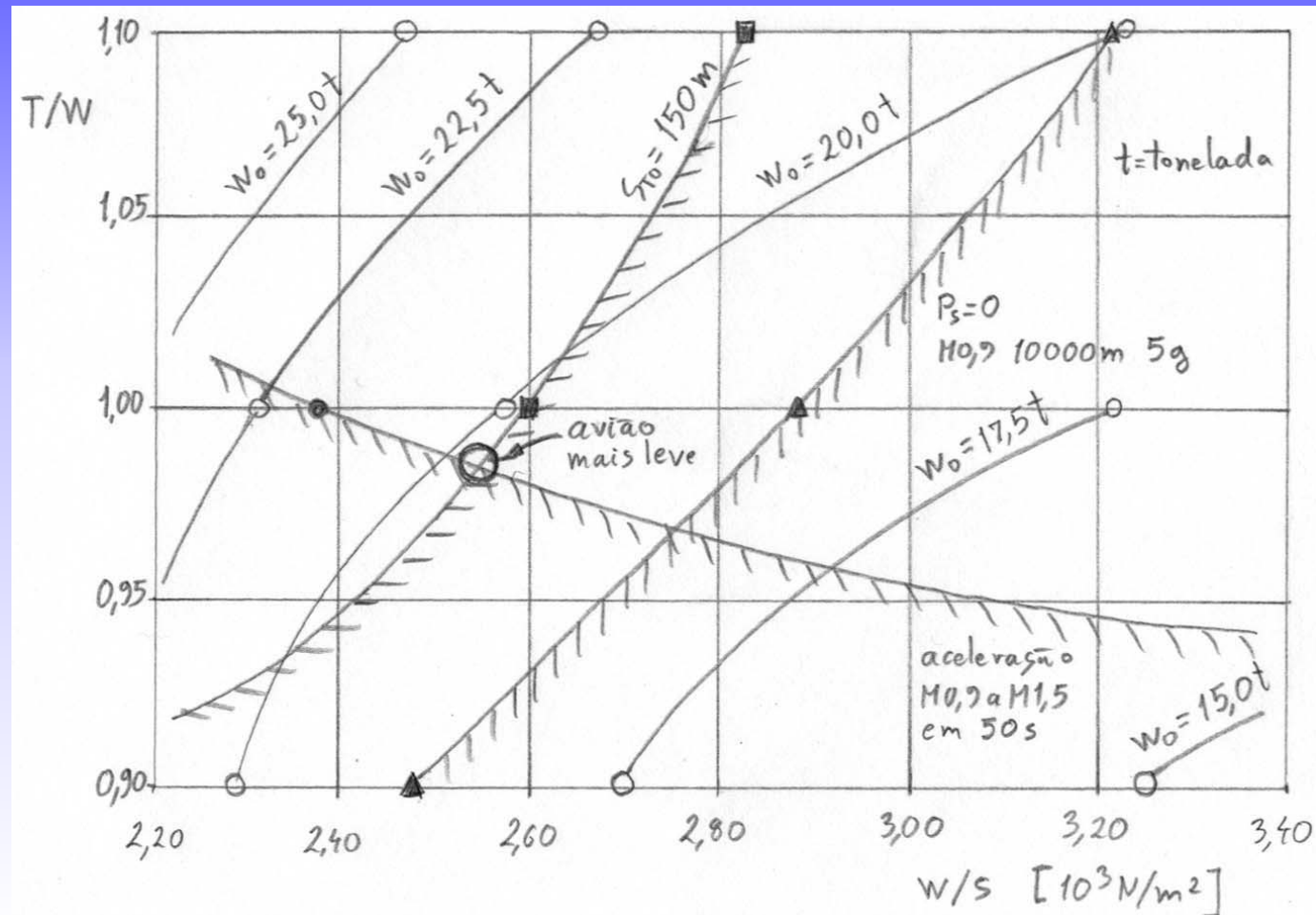
- Variar os parâmetros de projecto significa projectar muitos aviões diferentes.



3. Apresentação dos Estudos

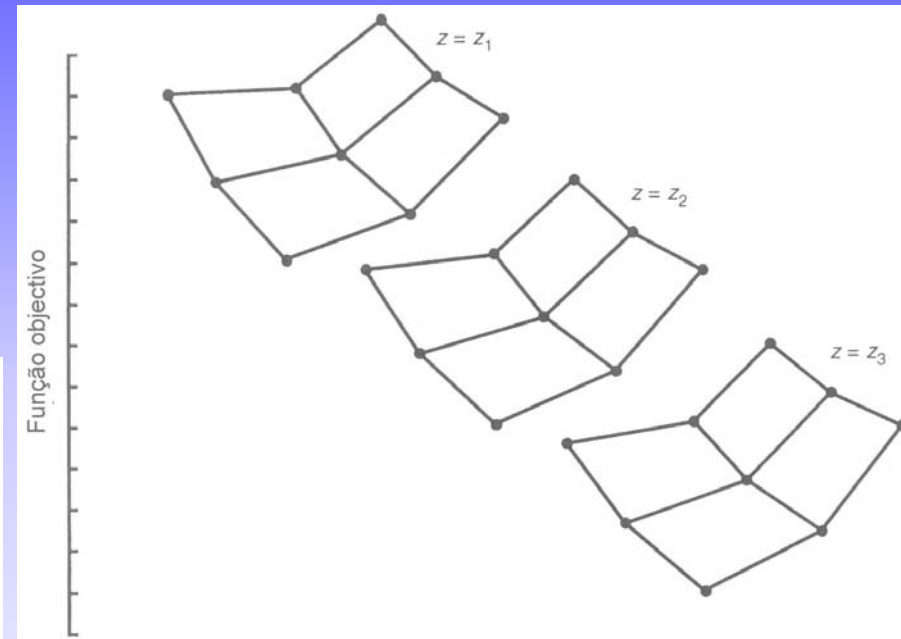
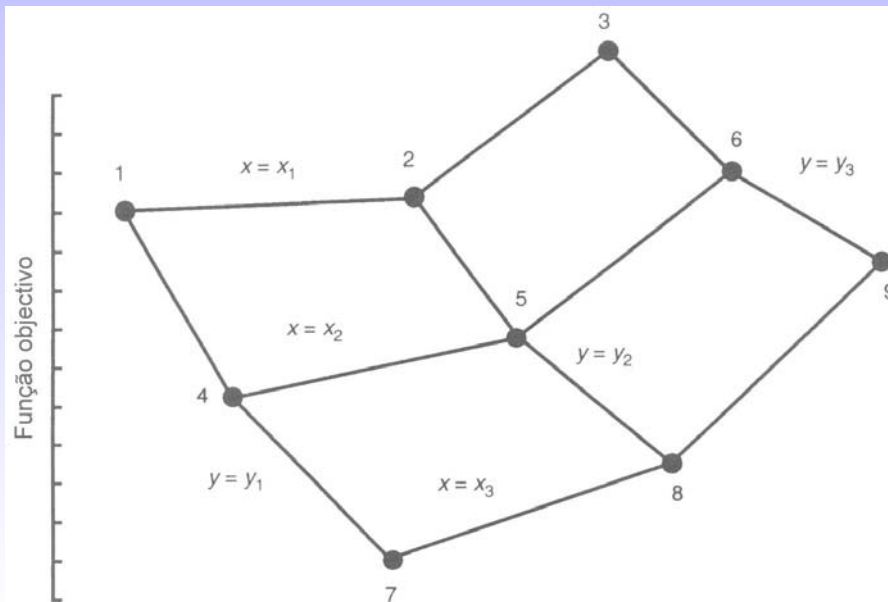
- Existem muitos parâmetros que podem ser investigados;
- Para manter o estudo tratável é preferível variar uma ou duas variáveis de cada vez;
- O tipo de estudo a usar deve ser escolhido com base nos aspectos que influenciam mais o projecto em questão.

- T/W vs W/S

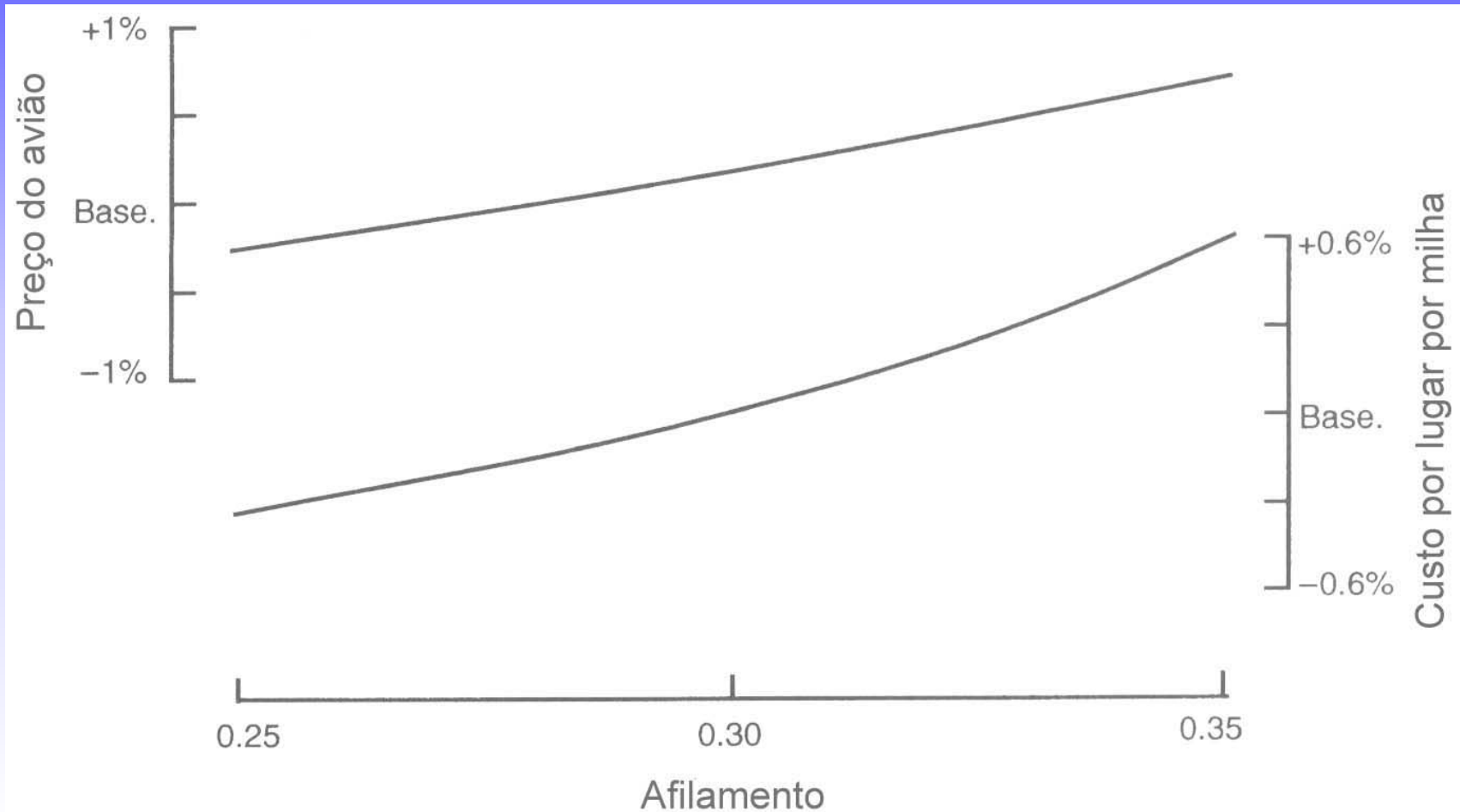


3.2. Estudos de nove pontos

- “Carpet plot”



3.3. Estudos de variável única



4. Optimização Multi-variável e Multi-disciplinar

- O volume computacional envolvido em estudos paramétricos excede facilmente a capacidade de cálculo manual e a de grande parte dos programas de computador existentes;
- Para otimizar verdadeiramente uma aeronave devem ser incluídos dezenas de parâmetros nos estudos;
- A optimização multi-variável é uma ferramenta poderosa para melhorar o projecto. Usa-se, por exemplo, o gráfico de dimensionamento repetidamente e as diferenças finitas;
- A optimização multi-disciplinar do projecto, MDO, permite criar modelos matemáticos a partir de disciplinas diferentes. Usa-se, por exemplo, o método das diferenças finitas e algoritmos genéticos.

5. Exemplo

- Requisitos

Função:

Avião ligeiro de observação.

Missão:

Vigilância de 5 horas a 300 km da base com reservas para 2 horas de vigilância;

Manobras durante 15 minutos;

Transporte de 2 tripulantes (86 kg cada) e 40 kg de bagagem.

Desempenho:

Operação em pistas de 250 m (nível do mar e condições ISA);

Velocidade de perda	83 km/h;
---------------------	----------

Velocidade de cruzeiro	200 km/h;
------------------------	-----------

Velocidade de vigilância	140 km/h;
--------------------------	-----------

Razão de subida ao nível do mar	4 m/s.
---------------------------------	--------

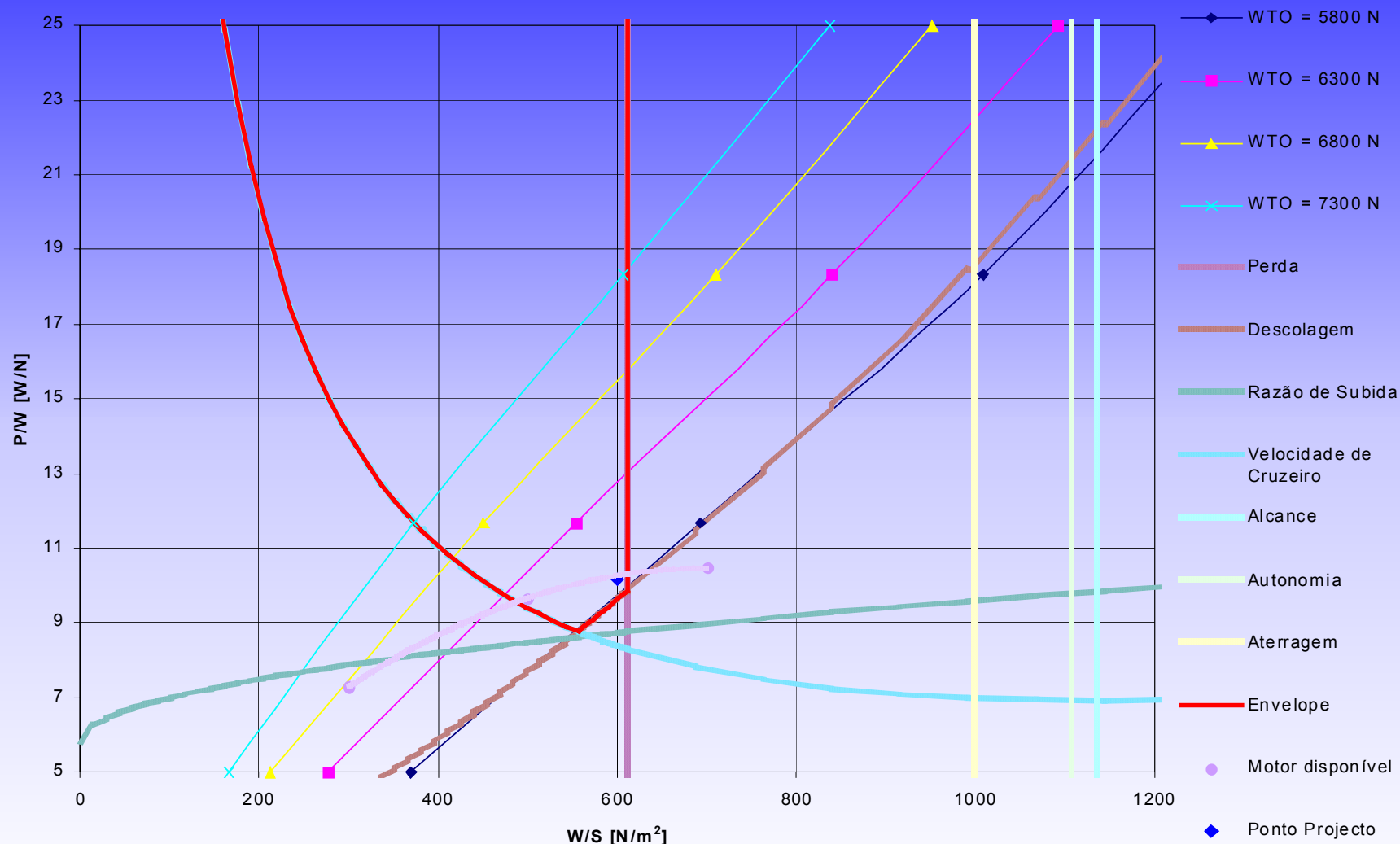
- Equações para determinação do combustível para a missão

Fase da missão	W_i/W_{i-1}
Aquecimento, rolagem e descolagem	0,990
Subida	$1,0065-0,0324M$ com $M \geq 0,1$
Cruzeiro	$e^{-\frac{C_p}{\eta_p} \left[\frac{\rho V^2 C_{D0}}{2(W/S)} + \frac{2K}{\rho V^2} \left(\frac{W}{S} \right) \right]_R}$
Espera	$e^{-\frac{C_p}{\eta_p} \left[\frac{\rho V^3 C_{D0}}{2(W/S)} + \frac{2K}{\rho V} \left(\frac{W}{S} \right) \right]_E}$
Manobras	$1 - \frac{C_p}{\eta_p} \frac{P}{W} \Delta t$
Descida	0,998
Aterragem e rolagem	0,998

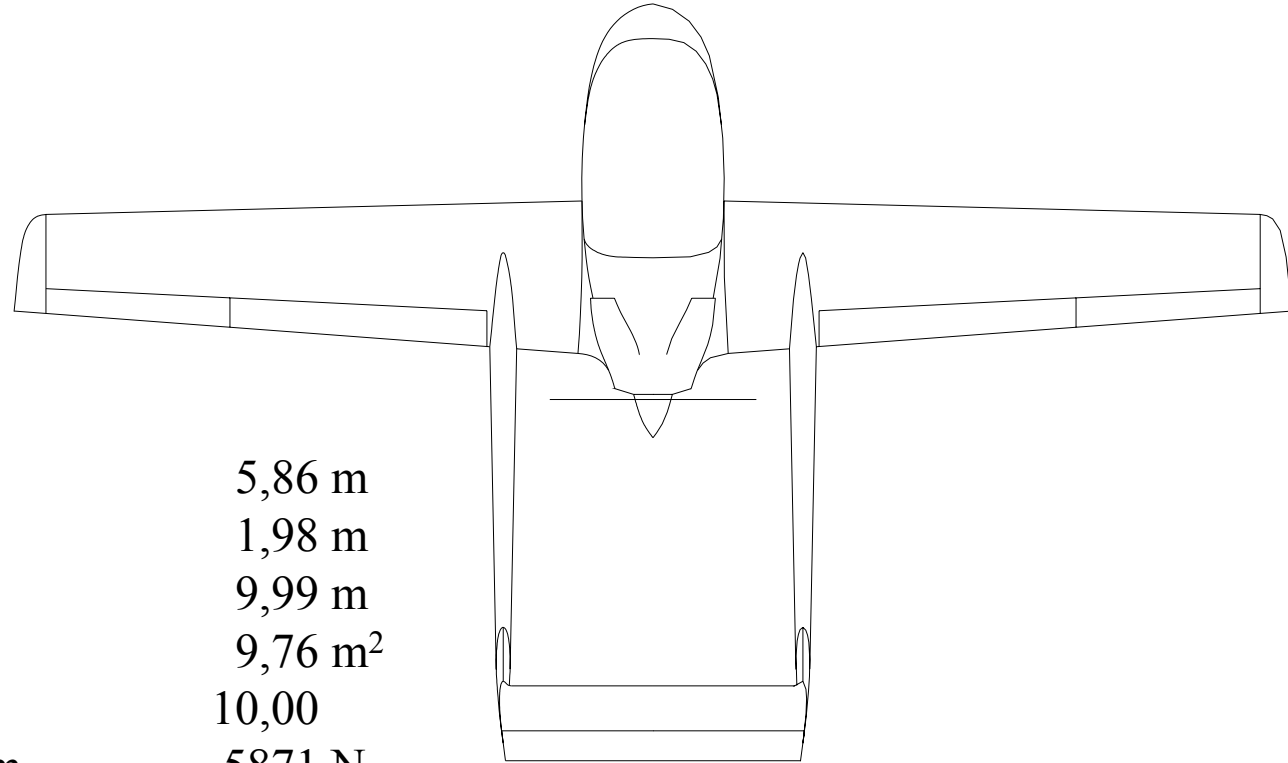
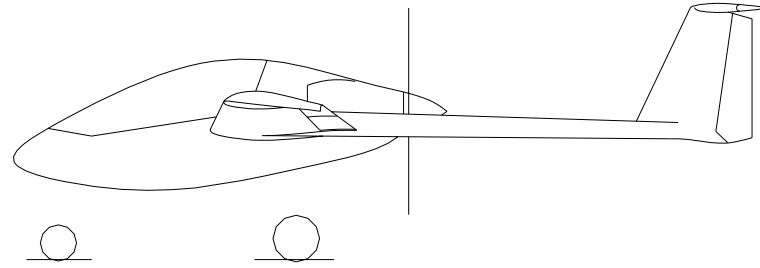
- Equações de constrangimento de desempenho

Requisito	Expressão
Vel. perda	$\frac{W}{S} = 0,5 \rho V_S^2 C_{L_{\max}}$
Descolagem	$\frac{P}{W} = \frac{1,2}{\eta_P \sqrt{\rho C_{L_{\max}}}} \sqrt{\frac{W}{S}} \left\{ \frac{1,44}{2 C_{L_{\max}}} \left[\frac{2}{\rho g s_{TO}} \left(\frac{W}{S} \right) + (C_{D_0} - \mu C_L + K C_L^2) \right] + \mu \right\}$
Razão de subida	$\frac{P}{W} = \frac{1}{\eta_P} \left[RC + \frac{\rho V^3 C_{D_0}}{2(W/S)} + \frac{2K}{\rho V} \left(\frac{W}{S} \right) \right]$
Vel. cruzeiro	$\frac{P}{W} = \frac{1}{\eta_P} \left[\frac{\rho V^3 C_{D_0}}{2(W/S)} + \frac{2K}{\rho V} \left(\frac{W}{S} \right) \right]$
Alcance	$\frac{W}{S} = 0,5 \rho V^2 \sqrt{\frac{C_{D_0}}{K}}$
Autonomia	$\frac{W}{S} = 0,5 \rho V^2 \sqrt{\frac{3 C_{D_0}}{K}}$
Aterragem	$\frac{W}{S} = \frac{\rho g}{2} \left(s_L - \frac{h}{\operatorname{tg} \gamma} \right) \left[\frac{2 \mu C_{L_{\max}}}{1,15^2} + (C_{D_0} - \mu C_L + K C_L^2) \right]$

- Gráfico de dimensionamento

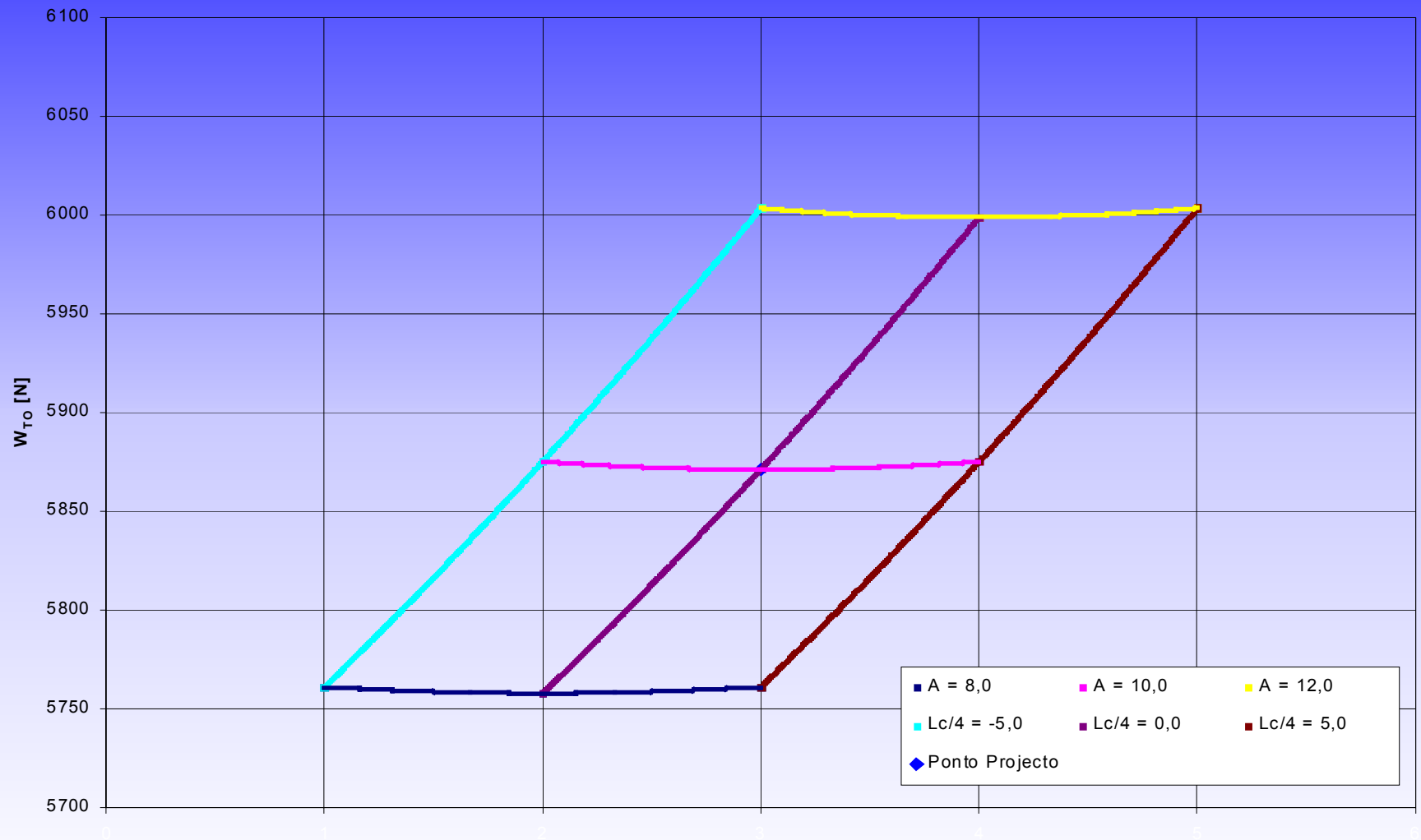


- Avião ligeiro de observação

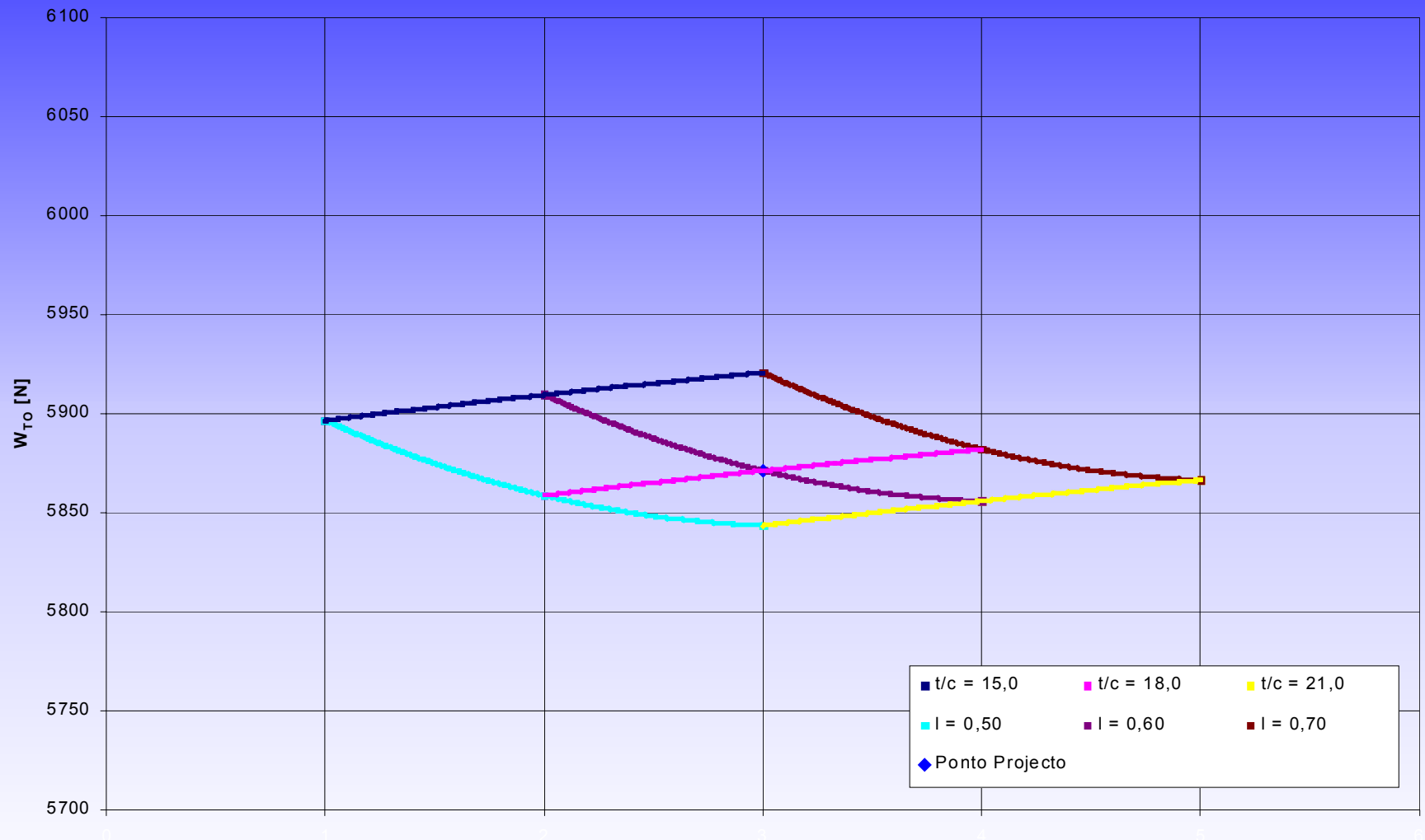


Comprimento total	5,86 m
Altura total	1,98 m
Envergadura	9,99 m
Área da asa	9,76 m ²
Alongamento	10,00
Peso de descolagem	5871 N
Carga útil	2 tripulantes (86 kg cada) + 40 kg de bagagem
Peso vazio	3148 N
Alcance máximo em cruzeiro	1460 km
Distância de descolagem	235 m
Distância de aterragem	150 m

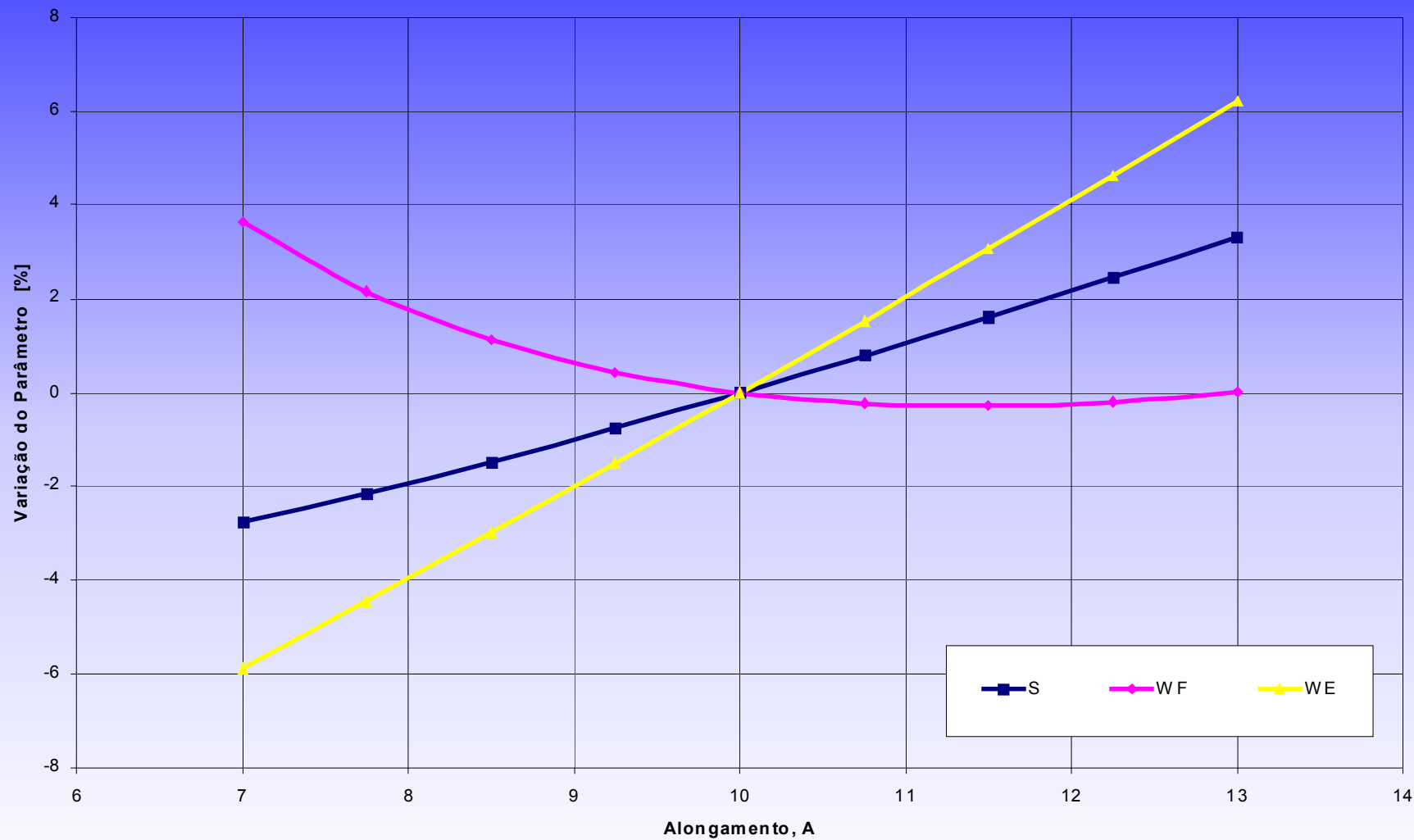
- Efeito de A e $\Lambda_{c/4}$ em W_{TO} (motor fixo)



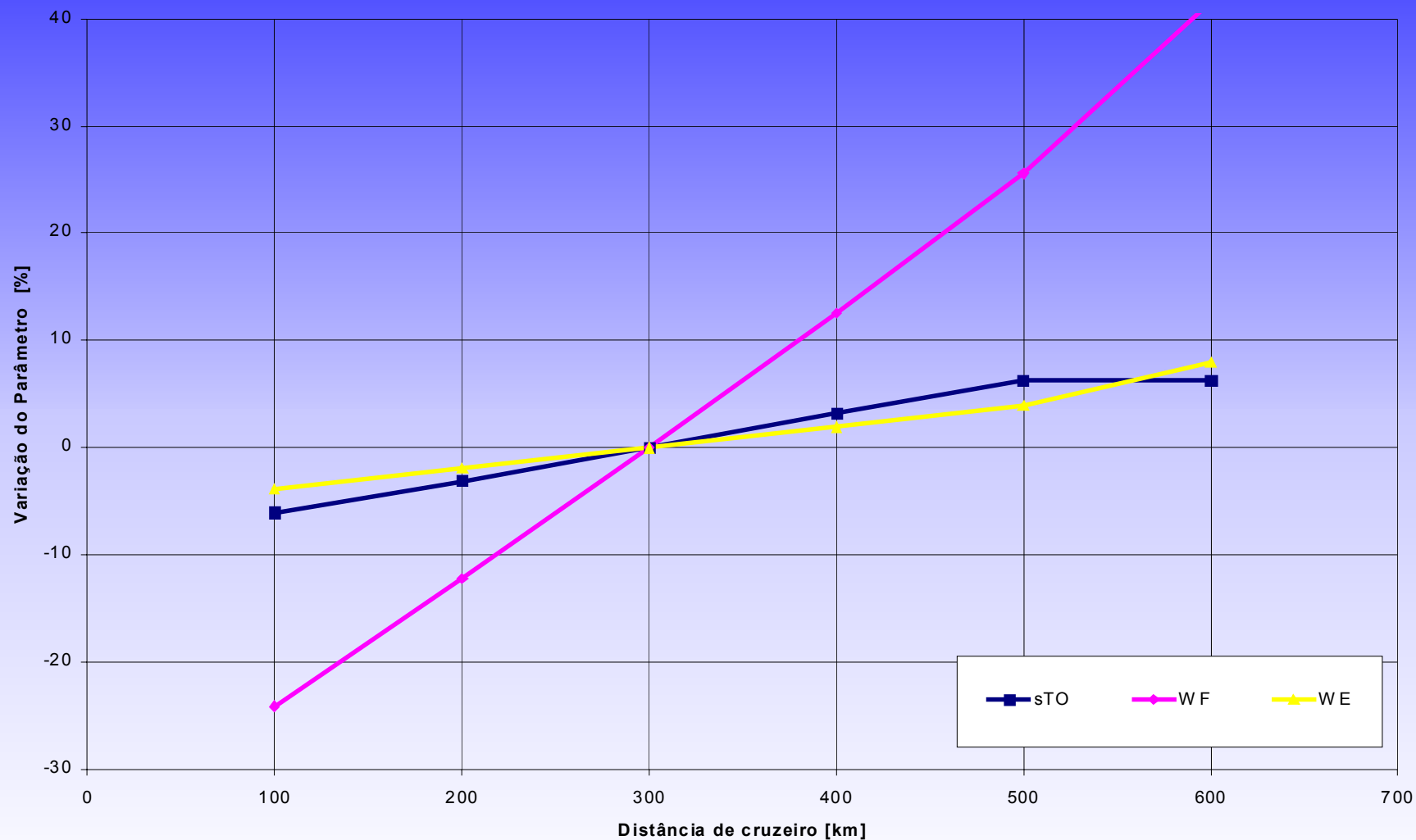
- Efeito de t/c e λ em W_{TO} (motor fixo)



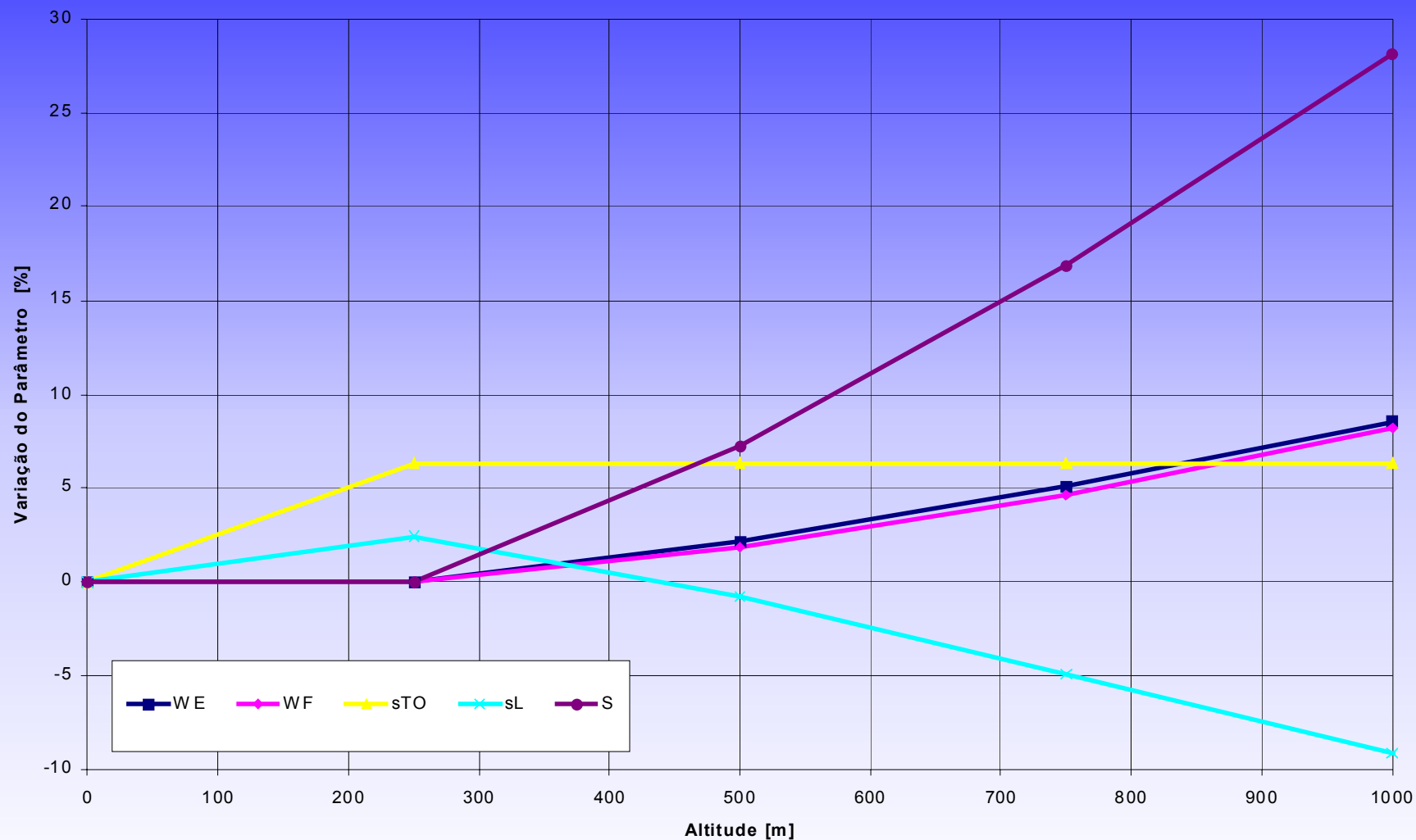
- Estudo do efeito do alongamento (motor fixo)



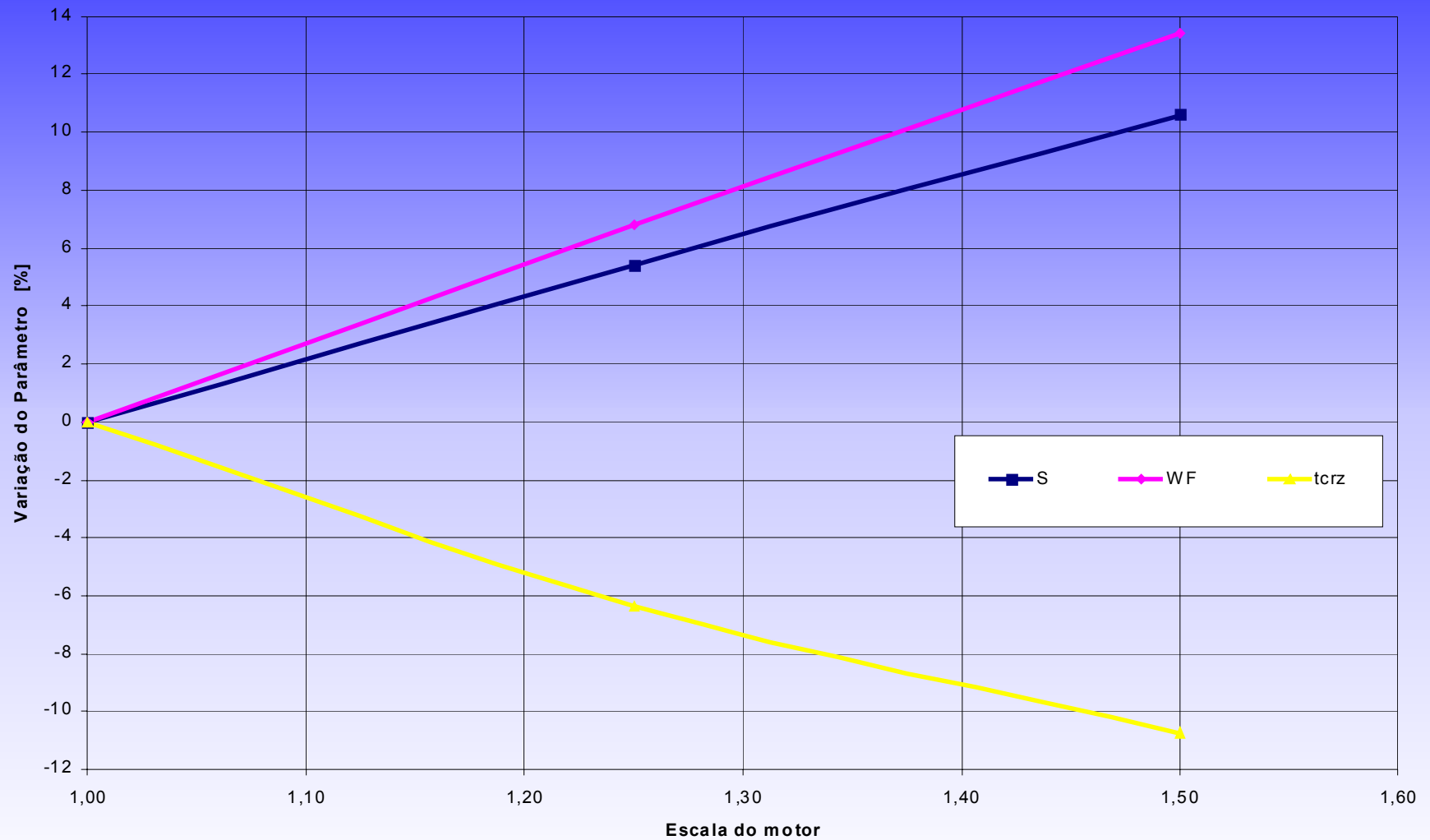
- Estudo do efeito da distância de cruzeiro (motor fixo)



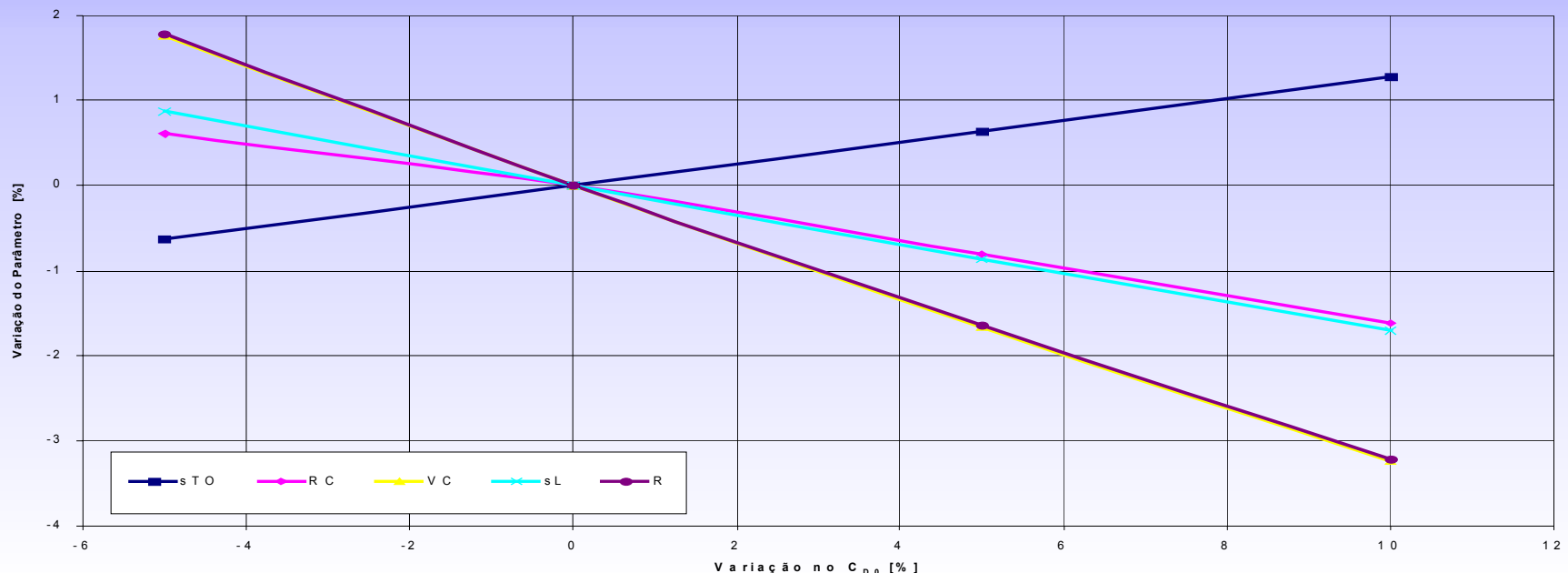
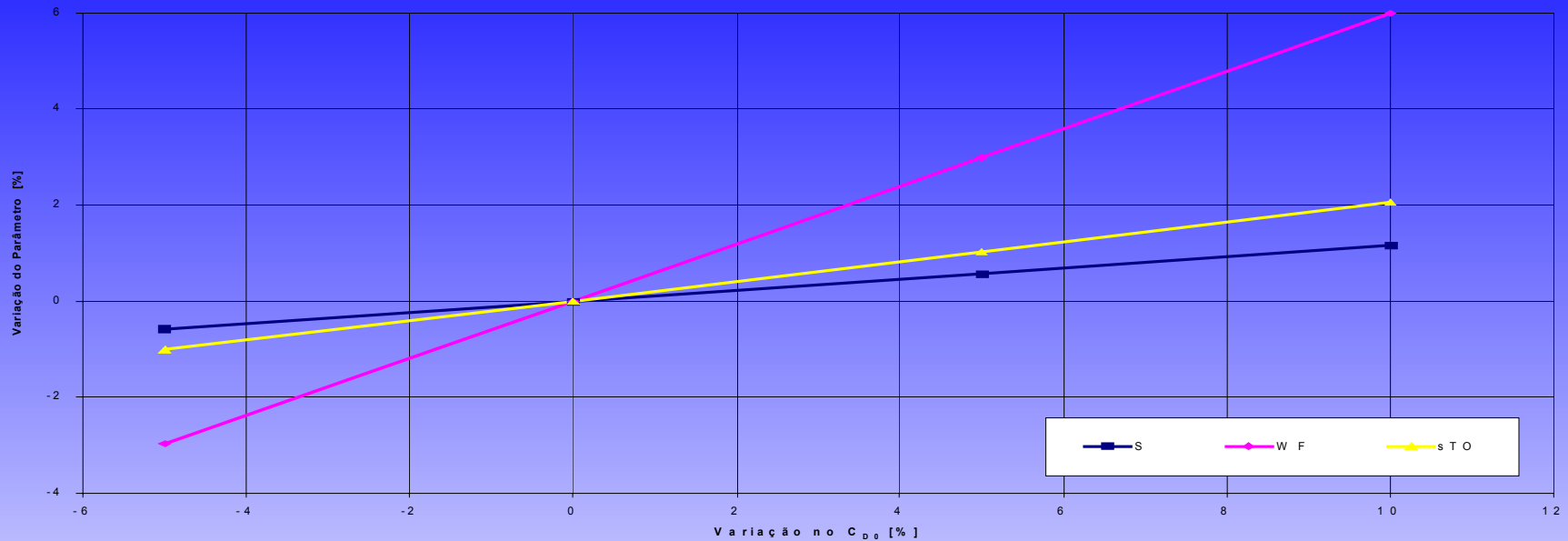
- Efeito da altitude para pista de dimensão constante (motor fixo)



- Estudo de motor elástico



Influência da variação do C_{D0}



6. Conclusão

- A compreensão da influência dos vários parâmetros de projecto requer a aplicação dos estudos paramétricos;
- Os cálculos complexos inerentes a estes estudos exigem a necessidade de ferramentas computacionais;
- A experiência permite um estudo mais objectivo e realista;
- A aeronave óptima só é alcançada com o uso cuidado e sistemático dos estudos paramétricos;
- Tudo influencia tudo o resto, mesmo os métodos usados.