

Proposta de trabalhos de Optimização

1. Optimização de um veio tubular de transmissão

Uma máquina industrial necessita de um veio para transmitir potência entre um motor eléctrico e uma unidade de processamento. Pretende-se obter uma solução leve, segura e de custo reduzido.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Potência transmitida	75 kW
Velocidade de rotação	1 450 rpm
Comprimento do veio	1,20 m
Módulo de corte do aço	80 GPa
Tensão de corte admissível	60 MPa
Ângulo máximo de torção	1°
Massa volumétrica do aço	7 850 kg/m ³
Diâmetro exterior máximo	120 mm

Objectivo geral: minimizar a massa ou o custo do veio, garantindo resistência e rigidez adequadas.

2. Optimização de uma mola helicoidal de compressão

Pretende-se projectar uma mola helicoidal para um mecanismo industrial sujeito a carregamento cíclico.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Carga máxima	1 200 N
Deflexão pretendida	40 ± 2 mm
Comprimento livre máximo	160 mm
Diâmetro exterior máximo	110 mm
Módulo de corte	79,3 GPa
Tensão admissível	600 MPa
Massa volúmica	7 850 kg/m ³
Número mínimo de ciclos	10 ⁶

Objectivo geral: minimizar a quantidade de material utilizada sem comprometer a deflexão, a resistência e a vida útil.

3. Optimização de um permutador de calor tubular

Uma instalação industrial necessita de um permutador para aquecer água com uma corrente de água quente.

Dados de entrada:

Parâmetro	Fluido frio	Fluido quente
Caudal mássico	1,50 kg/s	1,50 kg/s
Temperatura de entrada	25 °C	120 °C
Temperatura de saída pretendida	65 °C	80 °C
Calor específico	4 180 J/(kg·K)	4 180 J/(kg·K)
Massa volúmica	997 kg/m ³	980 kg/m ³
Viscosidade dinâmica	0,00089 Pa·s	0,00040 Pa·s

Dados económicos:

Parâmetro	Valor
Funcionamento anual	8 000 h
Preço da electricidade	0,15 USD/kWh
Vida útil	10 anos
Rendimento da bomba	70%
Perda de carga máxima por corrente	50 kPa

Objectivo geral: minimizar o custo total do equipamento e da energia de bombeamento.

4. Optimização conceptual de um reservatório de hidrogénio

Pretende-se dimensionar um reservatório para armazenamento estacionário de hidrogénio comprimido.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Volume útil mínimo	0,10 m ³
Pressão de armazenamento	35 MPa
Temperatura de projecto	50 °C
Vida útil	15 anos
Factor de segurança mínimo	2,25
Diâmetro exterior máximo	700 mm
Comprimento máximo	1 500 mm

Materiais disponíveis:

Material	Massa volúmica	Tensão cedência/valor de admissível	Custo
Aço de alta resistência	7 850 kg/m ³	800 MPa	4 USD/kg
Liga de alumínio	2 700 kg/m ³	320 MPa	7 USD/kg
Compósito reforçado	1 600 kg/m ³	900 MPa	24 USD/kg

Objectivo geral: minimizar a massa ou o custo, respeitando os requisitos de capacidade, resistência e segurança.

5. Optimiza  o de um disco de travão automóvel

Pretende-se dimensionar os discos dianteiros de um veículo ligeiro.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Massa do veículo	1 300 kg
Velocidade inicial	100 km/h
Tempo de travagem	4 s
Diâmetro da roda	600 mm
Distribui��o da travagem no eixo dianteiro	70%
Coeficiente de atrito pastilha��disco	0,35
Temperatura inicial	30 ��C
Temperatura máxima admissível	230 ��C
Massa vol��mica do disco	7 200 kg/m ³
Calor específico	500 J/(kg��K)
Pressão máxima sobre as pastilhas	1,5 MPa

Objectivo geral: minimizar a massa do disco, assegurando a capacidade de travagem, a resistência e o comportamento térmico adequados.

6. Optimiza  o dos parâmetros de torneamento

Uma oficina pretende produzir uma série de veios de aço ao menor custo possível.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Volume de material removido por peça	150 000 mm ³
Potência disponível	7,5 kW
Custo de utiliza��o da máquina	0,60 USD/min
Custo de cada ferramenta	12 USD
Tempo de substitui��o da ferramenta	3 min
Rugosidade máxima	3,2 ��m
Vida mínima da ferramenta	10 min
Raio da ponta da ferramenta	0,80 mm
Força específica de corte	1 800 N/mm ²
Velocidade de corte recomendada	80��300 m/min
Avanço recomendado	0,05��0,35 mm/rota��o
Profundidade de corte recomendada	0,50��4,00 mm

Objectivo geral: minimizar o custo ou o tempo de produ  o, mantendo a qualidade superficial e respeitando a capacidade da máquina.

7. Optimização de um dissipador de calor com alhetas

Pretende-se dimensionar um dissipador de alumínio para arrefecer um equipamento electrónico.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Calor a dissipar	500 W
Temperatura máxima da base	90 °C
Temperatura ambiente	30 °C
Espaço disponível	200 × 100 × 80 mm
Condutividade térmica do alumínio	200 W/(m·K)
Massa volúmica do alumínio	2 700 kg/m ³
Coeficiente convectivo inicial	25 W/(m ² ·K)
Espessura mínima de fabrico	1 mm
Espaçamento mínimo entre alhetas	3 mm

Objectivo geral: minimizar a massa ou o volume do dissipador, garantindo a dissipação do calor gerado.

8. Optimização de uma suspensão automóvel

Pretende-se determinar as características de uma suspensão para melhorar o conforto dos passageiros sem comprometer a aderência do veículo.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Massa suspensa por roda	300 kg
Massa não suspensa	40 kg
Rigidez do pneu	180 kN/m
Amplitude da irregularidade	20 mm
Frequência de excitação	1,5 Hz
Curso máximo da suspensão	±80 mm
Velocidade de circulação	60 km/h
Aceleração vertical confortável	Até 1,5 m/s ²
Força dinâmica máxima no pneu	6 000 N

Objectivo geral: determinar o melhor compromisso entre conforto, curso da suspensão e contacto do pneu com a estrada.

9. Optimização de um sistema de bombagem de água

Uma bomba deve transportar água entre dois reservatórios ligados por uma conduta.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Diferença de altura entre reservatórios	18 m
Comprimento da conduta	500 m
Caudal mínimo necessário	35 L/s
Rugosidade da tubagem	0,045 mm
Temperatura da água	25 °C
Rendimento máximo da bomba	84%
Funcionamento anual	6 000 h
Preço da electricidade	0,15 USD/kWh
Vida útil	15 anos
Velocidade máxima recomendada	3 m/s

Características de referência da bomba:

Parâmetro	Valor
Velocidade nominal	1 450 rpm
Diâmetro nominal do rotor	280 mm
Altura de descarga a caudal nulo	42 m
Caudal de maior rendimento	40 L/s
Gama de rotação	1 000 – 1 600 rpm

Objectivo geral: minimizar o custo do ciclo de vida do sistema de bombagem.

10. Optimização de um redutor de engrenagens cilíndricas

Pretende-se projectar um redutor de um estágio para accionar uma máquina industrial.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Potência de entrada	20 kW
Velocidade de entrada	1 500 rpm
Relação de transmissão pretendida	4:1
Tolerância da relação	±2%
Factor de serviço	1,5
Ângulo de pressão	20°
Rendimento mínimo	95%
Distância máxima entre centros	250 mm
Vida útil mínima	20 000 h
Tensão de flexão admissível	180 MPa
Tensão de contacto admissível	600 MPa
Massa volumétrica do aço	7 850 kg/m ³

Objectivo geral: minimizar a massa, o volume ou o custo do redutor, mantendo a resistência e a durabilidade adequadas.

Pode-se utilizar uma relaxação contínua durante a resolução, seguida de ajuste para números inteiros de dentes e módulos normalizados.

11. Optimização de um volante de inércia

Uma prensa mecânica necessita de um volante para armazenar energia durante parte do seu ciclo de funcionamento.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Energia a fornecer por ciclo	20 kJ
Velocidade máxima	1 100 rpm
Velocidade mínima	900 rpm
Diâmetro máximo disponível	800 mm
Diâmetro mínimo do furo	80 mm
Velocidade periférica máxima	80 m/s
Tensão admissível	120 MPa
Massa volumétrica do aço	7 850 kg/m ³
Espessura disponível	20 – 150 mm

Objectivo geral: minimizar a massa do volante, garantindo a energia necessária e a segurança mecânica.

12. Optimização de um suporte soldado

Um suporte metálico soldado deve suportar uma carga aplicada na extremidade de uma consola.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Carga aplicada	20 kN
Distância da carga à união soldada	300 mm
Comprimento máximo do suporte	400 mm
Altura máxima disponível	150 mm
Módulo de elasticidade	200 GPa
Módulo de corte	77 GPa
Tensão normal admissível	150 MPa
Tensão de corte admissível	90 MPa
Deformação máxima na extremidade	2 mm
Massa volumétrica do aço	7 850 kg/m ³
Custo do aço	2,50 USD/kg

Custo do material de soldadura	0,12 USD/cm ³
--------------------------------	--------------------------

Objectivo geral: minimizar o custo ou a massa do conjunto, assegurando resistência da viga e da união soldada.

13. Optimização de uma rede de ar comprimido

Uma oficina possui três sectores alimentados por um compressor central.

Dados de entrada:

Sector	Comprimento da tubagem	Consumo de ar
Maquinação	80 m	0,080 kg/s
Montagem	120 m	0,060 kg/s
Pintura	150 m	0,040 kg/s

Outros dados:

Parâmetro	Valor
Pressão à saída do compressor	800 kPa absolutos
Pressão mínima nos equipamentos	650 kPa absolutos
Temperatura do ar	25 °C
Rugosidade da tubagem	0,045 mm
Perdas por fugas estimadas	10%
Velocidade máxima recomendada	15 m/s
Rendimento do compressor	72%
Funcionamento anual	4 000 h
Preço da electricidade	0,15 USD/kWh
Vida útil da instalação	12 anos

Objectivo geral: minimizar o custo de instalação e de energia, garantindo a pressão necessária em todos os sectores.

14. Optimização do isolamento térmico de uma tubagem

Uma tubagem transporta vapor num processo industrial e necessita de isolamento térmico.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Comprimento da tubagem	100 m
Diâmetro exterior da tubagem	100 mm
Temperatura da superfície sem isolamento	180 °C
Temperatura ambiente	30 °C
Condutividade do isolamento	0,045 W/(m·K)
Coeficiente convectivo exterior	10 W/(m ² ·K)
Funcionamento anual	6 000 h

Preço da energia térmica	0,06 USD/kWh
Custo do isolamento instalado	1 400 USD/m ³
Vida útil	10 anos
Taxa de actualização	8%
Temperatura exterior máxima por segurança	55 °C
Espessura máxima disponível	100 mm

Objectivo geral: determinar a espessura de isolamento que minimize o custo anual total.

15. Optimização de um injector de hidrogénio

Pretende-se efectuar o dimensionamento conceptual de um injector de hidrogénio para um motor de combustão interna de ignição por faísca.

Dados do motor:

Parâmetro	Valor
Cilindrada total	2,0 L
Número de cilindros	4
Regime de funcionamento	3 000 rpm
Rendimento volumétrico	85%
Pressão no colector de admissão	1 bar absoluto
Temperatura do ar de admissão	300 K
Razão ar-hidrogénio estequiométrica	34,3
Coeficiente de excesso de ar pretendido	1,5
Ângulo disponível para injeção	120° da cambota

Dados do hidrogénio:

Parâmetro	Valor
Pressão no rail	10 bar absolutos
Temperatura	300 K
Constante específica do gás	4 124 J/(kg·K)
Razão de calores específicos	1,40
Coeficiente de descarga inicial	0,75
Poder calorífico inferior	120 MJ/kg

Limitações construtivas:

Parâmetro	Valor
Diâmetro exterior máximo do injector	12 mm
Diâmetro máximo da extremidade	8 mm
Número possível de orifícios	2 – 8
Pressão máxima admissível	15 bar
Temperatura máxima do corpo	150 °C

Objectivo geral: determinar uma geometria que forneça a quantidade necessária de hidrogénio no tempo disponível e favoreça uma mistura uniforme com o ar.

16. Optimização de um compressor de ar em dois estágios

Uma oficina necessita de comprimir ar em dois estágios, com arrefecimento intermédio até à temperatura de admissão. Pretende-se seleccionar a pressão intermédia que reduza o consumo de energia, respeitando os limites térmicos dos compressores.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Caudal mássico de ar	0,10 kg/s
Pressões de admissão e descarga	1,0 e 8,0 bar absolutos
Temperatura de admissão de cada estágio	300 K
Rendimentos isentrópicos dos estágios 1 e 2	0,80 e 0,75
Calor específico do ar e razão de calores específicos	1,005 kJ/(kg·K) e 1,40
Pressão intermédia admissível	1,5–6,0 bar absolutos
Temperatura máxima à saída de cada estágio	460 K
Funcionamento e preço da electricidade	4 000 h/ano; 0,15 USD/kWh

Hipóteses: ar como gás perfeito, propriedades constantes, regime permanente, perdas de pressão desprezáveis e rendimento mecânico e eléctrico unitário. Desprezar o consumo auxiliar do arrefecedor intermédio.

Objectivo geral: minimizar a potência total de compressão e o custo anual de electricidade. Comparar com uma distribuição de razões de pressão iguais e avaliar o efeito dos rendimentos dos estágios.

17. Optimização de uma instalação frigorífica

Uma câmara frigorífica necessita de remover continuamente calor. Pretende-se encontrar o compromisso económico entre as temperaturas de funcionamento do ciclo, as áreas dos permutadores e o consumo eléctrico.

Dados de entrada:

Parâmetro	Valor
Carga frigorífica constante	10 kW
Temperatura da câmara e do ambiente	278 K e 303 K
Temperaturas admissíveis de evaporação e condensação	258–273 K e 308–328 K
Coeficientes globais do evaporador e condensador	0,50 e 0,60 kW/(m ² ·K)
COP adoptado no modelo didáctico	45% do COP de Carnot, às temperaturas do ciclo
Custo instalado do evaporador e condensador	1 000 e 900 USD/m ²
Funcionamento e preço da electricidade	4 000 h/ano; 0,15 USD/kWh
Vida útil e taxa de actualização	10 anos; 8% ao ano

Hipóteses: regime permanente, temperaturas da câmara e do ambiente constantes, mudanças de fase isotérmicas e coeficientes globais constantes. Desprezar consumos auxiliares. O COP indicado é uma aproximação didáctica, não uma correlação universal.

Objectivo geral: minimizar o custo anual total, incluindo a anuidade do investimento em permutadores e o consumo de electricidade. Avaliar a influência do preço da energia e propor áreas comerciais que atendam à carga térmica.

Estrutura obrigatória do trabalho

Todos os grupos deverão desenvolver:

1. **Formulação:** descrição do problema e definição dos objectivos;
2. **Modelação:** variáveis de decisão, modelo físico, função-objectivo e restrições;
3. **Resolução:** selecção e aplicação de um método de Programação Não Linear;
4. **Avaliação:** verificação da solução, análise de sensibilidade e comparação com uma solução convencional;
5. **Decisão:** selecção fundamentada da solução final;
6. **Implementação:** conversão da solução matemática em uma proposta viável.