

TE162

Técnicas de Otimização para Engenharia

Prof. Odilon Luís Tortelli

odilon@eletrica.ufpr.br

Gabinete 6

Otimização - Definições

- É uma área dos métodos numéricos que visa encontrar a **melhor solução** de um problema a partir de um conjunto de alternativas, sem ter de enumerar explicitamente e avaliar todas as alternativas possíveis.
- É o **processo matemático** de encontrar as condições que proporcionam o valor **máximo** ou **mínimo** de uma função.
- Métodos de otimização também são conhecidos como técnicas de **Programação (“planejamento”) Matemática** e são geralmente estudados no âmbito da Pesquisa Operacional.

Otimização e Engenharia

“Otimização é o processo de obter o **melhor** resultado em dadas circunstâncias. Em várias fases de projeto, construção e manutenção de sistema de engenharia, os engenheiros têm de tomar diversas **decisões** tecnológicas e gerenciais. O objetivo final de todas estas decisões é sempre o de **minimizar** o esforço necessário ou **maximizar** o benefício desejado.”

Engineering Optimization – Rao – Wiley 2009

“O processo de otimização está na **raiz da engenharia**, já que a função clássica do engenheiro é a de conceber novos, **melhores**, **menos** caros e **mais** eficientes sistemas, bem como elaborar planos e procedimentos para a **melhoria** do funcionamento dos sistemas existentes.”

Engineering Optimization – Ravindra, Ragsdell e Reklaitis – Wiley 2006

Exemplos de aplicação

Otimização no seu sentido mais amplo pode ser aplicada para resolver inúmeros problema de engenharia:

- Planejamento da operação e expansão do sistema elétrico de potência
- Projeto de equipamentos para máxima eficiência e/ou menor peso/custo
- Determinação do traçado ideal de redes elétricas, estradas, dutos, cargas
- Planejamento de manutenção e substituição de equipamentos para redução dos custos operacionais
- Minimização do tempo de processamento em sistemas de produção
- Otimização de sistemas de controle
- Minimização dos custos do produto em processos de transformação e da construção

Otimização e Engenharia

Aplicações da pesquisa operacional

Organização	Natureza da aplicação	Economia anual (US\$)
Federal Express	Planejamento logístico de despachos	Não estimada
Continental Airlines	Otimizar a realocação de tripulações quando ocorrem desajustes nos horários de voo	40 milhões
Swift & Company	Aumentar as vendas e melhorar o desempenho na fabricação	12 milhões
Memorial Sloan-Kettering Cancer Center	Procedimentos de tratamentos radioterápicos	459 milhões
United Airlines	Programar turnos de trabalho nas centrais de reserva e nos balcões em aeroportos	6 milhões
Welch's	Otimizar o uso e a movimentação de matéria-prima	150 mil
Samsung Electronics	Desenvolver métodos de redução de tempo de fabricação e níveis de estoque	200 milhões mais receitas
Pacific Lumber Company	Gestão de ecossistemas florestais a longo prazo	398 milhões VPL*
Procter & Gamble	Redesenho do sistema de produção e distribuição	200 milhões
Canadian Pacific Railway	Planejamento de rotas para frete ferroviário	100 milhões
United Airlines	Realocação de aeronaves quando ocorrem problemas	Não estimada
U.S. Military	Planejamento logístico das Operações Tempestade no Deserto	Não estimada
Air New Zealand	Alocação de tripulação de voo	6,7 milhões
Taco Bell	Programar a escala de funcionários nas lojas da rede	13 milhões
Waste Management	Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de rotas para coleta e eliminação de lixo	100 milhões
Bank Hapoalim Group	Desenvolvimento de um sistema de apoio à tomada de decisão para analistas de investimentos	31 milhões mais receitas
Sears	Programação e rotas de veículos para as frotas de entrega e de atendimento domiciliar	42 milhões
Conoco-Phillips	Avaliação de projetos de exploração petrolífera	Não estimada
Workers' Compensation	Gestão de pedidos de benefícios por invalidez e reabilitação de alto risco	4 milhões
Westinghouse	Avaliar projetos de pesquisa e desenvolvimento	Não estimada
Merrill Lynch	Gestão de riscos de liquidez para linhas de crédito rotativo	4 bilhões mais liquidez
PSA Peugeot Citroën	Orientar o processo de projeto para plantas de montagem de veículos eficientes	130 milhões mais lucros
KeyCorp	Aumentar a eficiência do serviço dos caixas de banco	20 milhões
General Motors	Aumentar a eficiência das linhas de produção	90 milhões
Deere & Company	Controle de estoques por meio de uma cadeia de suprimentos	1 bilhão menos estoque
Time Inc.	Gerenciamento dos canais de distribuição para revistas	3,5 milhões mais lucros
Bank One Corporation	Gestão de linhas de crédito e taxas de juros para cartões de crédito	75 milhões mais lucros
Merrill Lynch	Análise para estabelecimento de preços para o fornecimento de serviços financeiros	50 milhões mais receitas
AT&T	Projeto e operação de <i>call centers</i>	750 milhões mais lucros

* VPL: Valor Presente Líquido.

Otimização – Breve Histórico

1600s - 1800s - Fundamentos do cálculo:

Newton (1642-1727), Euler (1707-1783), Lagrange (1736-1813), Cauchy (1789-1857) . . .

*“Independente do modo como o comportamento humano se manifesta, ele normalmente reflete padrões de **maximização** e **minimização**. Assim, não há dúvidas de que fenômenos naturais podem ser explicados por meio dos métodos de **maximização** ou **minimização**.”*

Leonhard Euler, 1744

1800s - 1900s – Modelos econômicos:

“Tableau économique” (1758)

Modelo de Equilíbrio econômico (1937)

Teoria de Jogos (1940)

1900s -

Pesquisa Operacional (*Operations Research* - 2ª Guerra Mundial)

Primeiro computador digital (ENIAC – 1946)

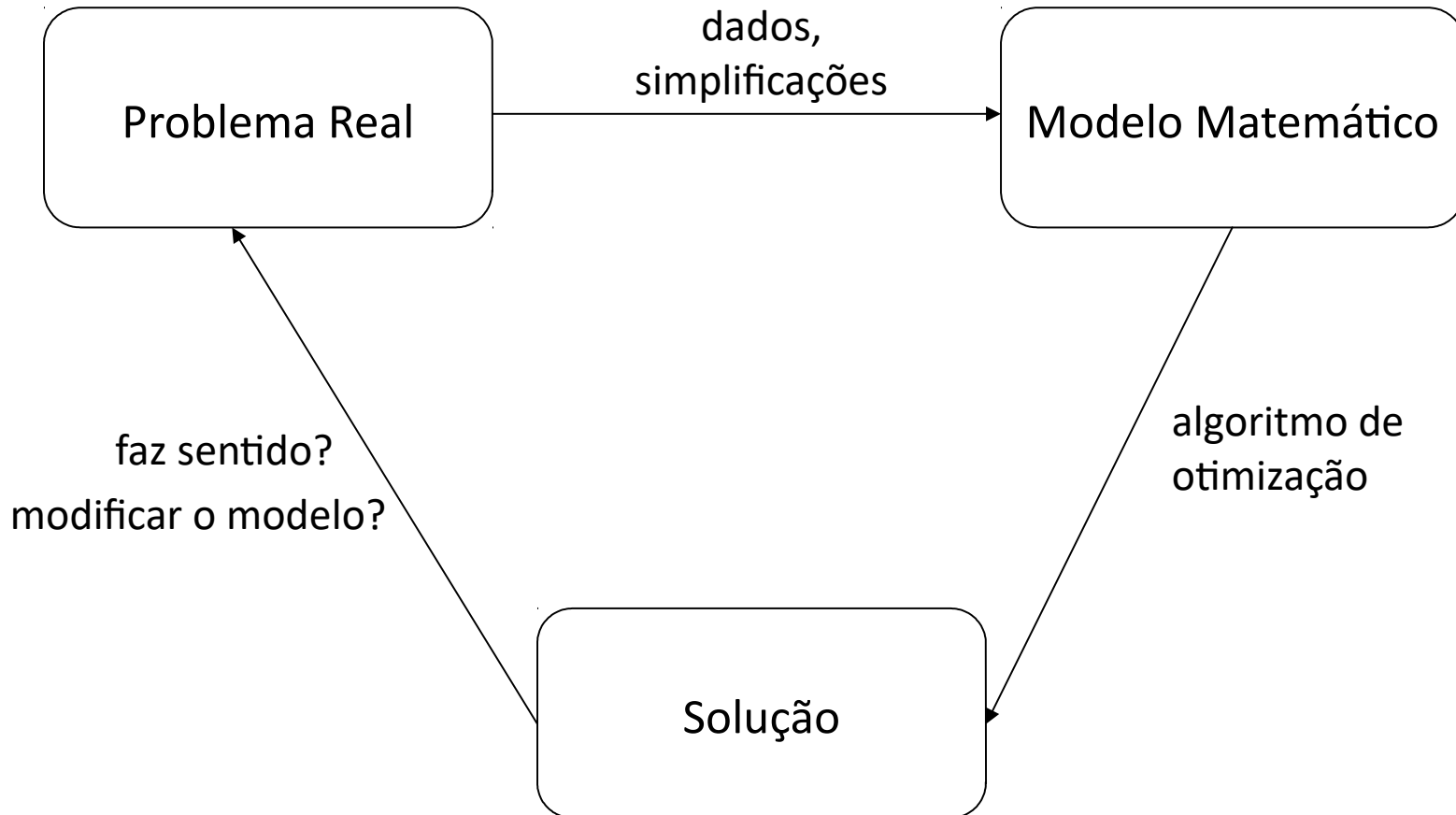
Método Simplex (Dantzig – 1947)

Condições Gerais de Otimalidade (KKT – 1951)

Método dos Pontos Interiores (Karmarkar – 1984)

Métodos Heurísticos (GA, TS, SA ... - 1970s em diante)

Fundamentos - Processo de Otimização



Fundamentos - Estrutura do problema

Forma geral de um problema de otimização:

Minimizar (ou Maximizar)

$$f(x_1, \dots, x_n)$$

(função objetivo)

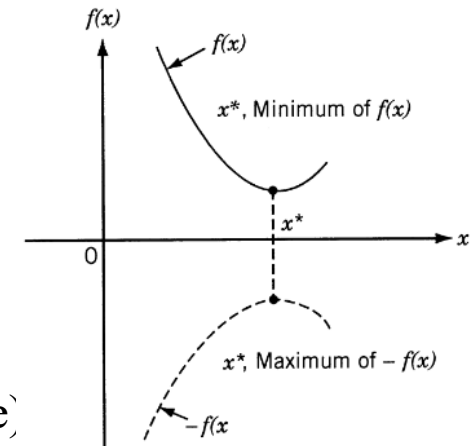
sujeito a:

$$h_i(x_1, \dots, x_n) = 0$$

(restrições de igualdade)

$$g_j(x_1, \dots, x_n) \geq 0$$

(restrições de desigualdade)



Solução:

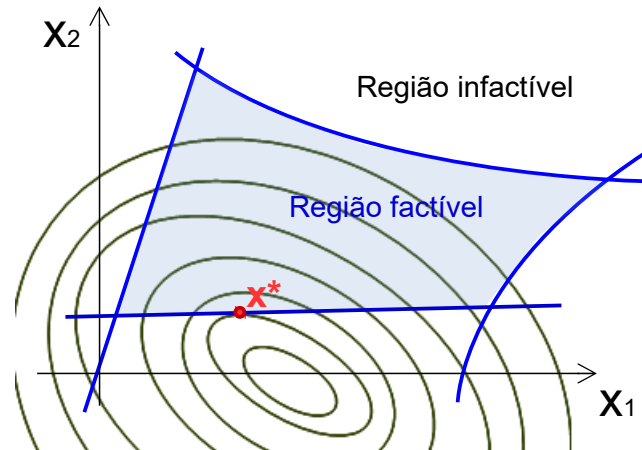
encontrar os valores das variáveis de otimização (x_1, \dots, x_n) que:

- Satisfaçam as restrições impostas e;
- atinjam o valor mínimo (ou máximo) da função objetivo

Fundamentos - Estrutura do problema

Componentes fundamentais:

- **Variáveis de decisão** (x): Conjunto de incógnitas ou variáveis que controlam o valor da função objetivo.
- **Função objetivo** ($f(x)$): critério quantitativo com base no qual determina-se a melhor solução.
- **Restrições** ($h(x)$ e $g(x)$): delimitam o espaço do sistema a ser otimizado, definindo a *região factível* para a solução do problema.



Classificação dos problemas de otimização

Baseada na existência de restrições:

- Otimização restrita
- Otimização irrestrita

Baseada na natureza das equações envolvidas:

- Programação linear (PL): f.o. e todas as restrições são lineares
- Programação não-linear (PNL): f.o. e/ou alguma restrição é não linear
 - Programação quadrática (PQ): f.o. é quadrática e as restrições são lineares

Baseada nos valores admitidos para as variáveis de decisão:

- Programação com números reais
- Programação Inteira (PI): variáveis são números inteiros
- Programação Inteira-mista (PIM): algumas variáveis são reais e outras inteiras

Classificação dos problemas de otimização

Baseada na existência de restrições:

- Otimização restrita
- Otimização irrestrita

Baseada na natureza das equações envolvidas:

- Programação linear (PL): f.o. e todas as restrições são lineares
- Programação não-linear (PNL): f.o. e/ou alguma restrição é não linear
 - Programação quadrática (PQ): f.o. é quadrática e as restrições são lineares

Baseada nos valores admitidos para as variáveis de decisão:

- Programação com números reais
- Programação Inteira (PI): variáveis são números inteiros
- Programação Inteira-mista (PIM): algumas variáveis são reais e outras inteiras

