

Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas

Com enfoque em programação matemática

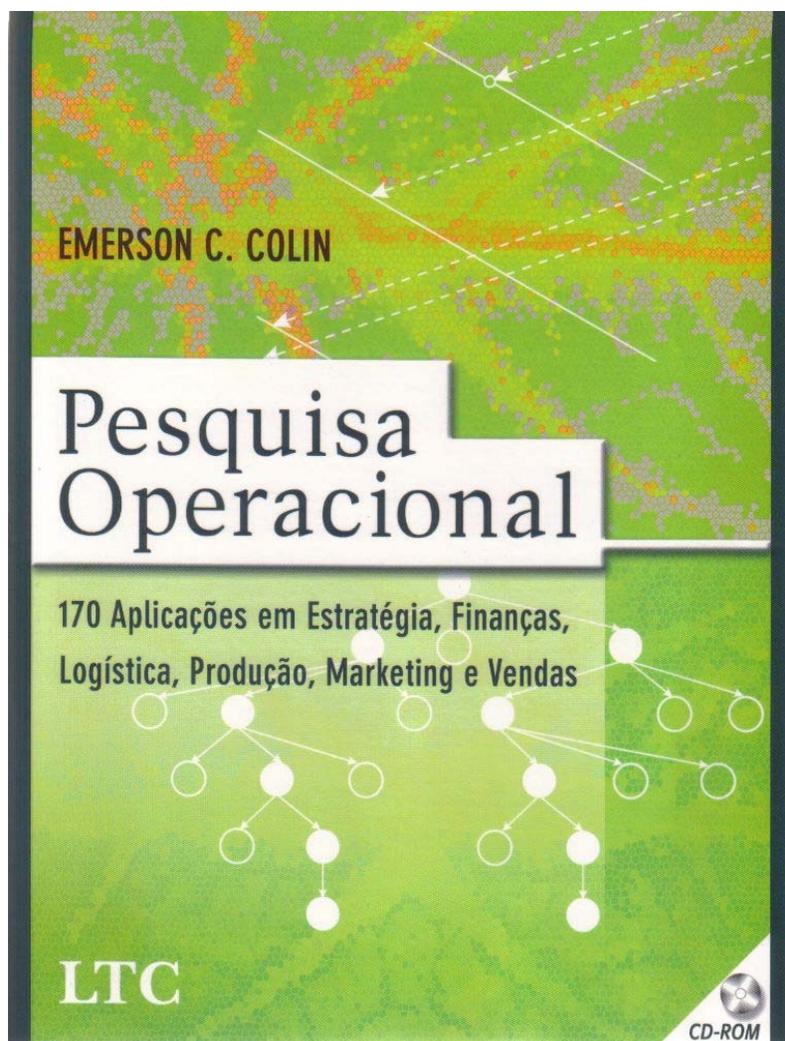
Emerson C. Colin

emerson.colin@veraxc.com

eccolin@hotmail.com

Verax Consultoria e Projetos Ltda.

www.veraxc.com



Conteúdo

Prefácio

Parte I: Programação linear

- 1 Criação e evolução histórica**
 - 1.1 George Dantzig e o algoritmo simplex
 - 1.2 Algoritmos de tempo polinomial
 - 1.3 Prêmio Nobel de Economia de 1975Exercícios
Referências
- 2 Conceitos-chave, suposições e termos utilizados**
 - 2.1 Conceitos-chave da programação linear
 - 2.2 Suposições da programação linearExercícios
Referências
- 3 Modelagem de problemas de programação linear**
 - 3.1 Problema da dieta
 - 3.2 Problema do *mix* de produção
 - 3.3 Problema do transporte
 - 3.4 Problema do orçamento de capital
 - 3.5 Problema do fluxo na indústria de processoExercícios
Referências
- 4 Solução de problemas de programação linear**
 - 4.1 Solução gráfica de problemas com duas variáveis
 - 4.1.1 Três passos para obtenção da solução ótima
 - 4.1.2 Comentários adicionais
 - 4.2 Algoritmo simplex para solução genérica de problemas de PL
 - 4.2.1 Forma padrão de problemas de programação linear
 - 4.2.2 Conceitos preliminares do algoritmo simplex
 - 4.2.3 Algoritmo simplex
 - 4.2.4 Quadro do simplex para solução manual do problema
 - 4.2.5 Exemplo resolvido manualmente
 - 4.3 Adaptação para outros casos
 - 4.3.1 Variáveis artificiais e método do grande M
 - 4.3.2 Segundo exemplo
 - 4.4 Comentários adicionais sobre o algoritmo simplex
 - 4.5 Outros tópicos relacionados à solução
 - 4.5.1 Escala
 - 4.5.2 Soluções inexistentes, ilimitadas e múltiplas
 - 4.5.3 DegeneraçãoExercícios
Referências
- 5 Criação e solução de problemas no computador**
 - 5.1 Introdução do modelo na planilha eletrônica
 - 5.1.1 Estrutura da planilha
 - 5.1.2 Modelagem no Solver
 - 5.2 Solução do modelo e saídas
 - 5.2.1 Saídas do Solver
 - 5.2.2 Mensagens de solução ilimitada, inexistente e múltipla
 - 5.3 Outros exemplos de solução computacional
 - 5.3.1 Problema do orçamento de capital
 - 5.3.2 Problema do *mix* de produção
 - 5.4 Algumas diferenças de nomenclatura

- 5.5 Diretrizes para criação de modelos em planilhas
 - 5.5.1 Atributos desejáveis em modelos implementados em planilhas
 - 5.5.2 Diretrizes para a criação de planilhas
 - 5.5.3 Implementação de modelos de programação linear
- Exercícios
- Referências
- 6 Dualidade na programação linear**
 - 6.1 Definição das relações primal-dual
 - 6.2 Exemplos de transformação primal-dual
 - 6.3 Interpretação econômica do problema dual
 - 6.4 Preço-sombra
- Exercícios
- Referências
- 7 Análise de sensibilidade**
 - 7.1 Importância da análise de sensibilidade
 - 7.2 Análise de sensibilidade usando o computador
 - 7.2.1 Alterações nos coeficientes da função-objetivo
 - 7.2.2 Alterações nas restrições: lados direitos e esquerdos das restrições
 - 7.2.3 Introdução e retirada de variáveis e restrições
 - 7.3 Exemplo: planejamento regional para irrigação do Agreste Alagoano
 - 7.3.1 Descrição da situação
 - 7.3.2 Formulação do modelo
 - 7.3.3 Solução e análise de sensibilidade
 - 7.4 Programação linear paramétrica
 - 7.4.1 Variação contínua dos parâmetros da função-objetivo
 - 7.4.2 Variação contínua dos lados direitos das restrições
 - 7.4.3 Generalização dos resultados da parametrização
- Exercícios
- Referências
- 8 Programação de metas**
 - 8.1 Conceituação matemática e modelo básico
 - 8.2 Complementações do modelo básico
 - 8.2.1 Pesos para os desvios
 - 8.2.2 Metas unilaterais
 - 8.2.3 Uniformização das unidades das metas
 - 8.3 Exemplo: alocação de propagandas na guerra entre empresas cervejeiras
 - 8.3.1 Formulação do modelo
 - 8.3.2 Implementação no computador e solução
 - 8.4 Outras variantes do modelo básico
 - 8.4.1 Programação de metas com priorização
 - 8.4.2 Otimização do progresso em direção às metas: maximin e minimax
- Exercícios
- Referências
- 9 Modelos de rede**
 - 9.1 Conceitos básicos e terminologia
 - 9.2 Formulações típicas para problemas de rede
 - 9.2.1 Problemas de transporte
 - 9.2.2 Problemas de atribuição
 - 9.2.3 Problemas de transbordo
 - 9.2.4 Problemas de fluxo máximo
 - 9.2.5 Problemas de rota mínima
 - 9.2.6 Problemas de programação de projetos
 - 9.3 Fluxo em rede com custo mínimo
 - 9.4 Árvores geradoras mínimas
 - 9.4.1 Algoritmo AGM
 - 9.4.2 Exemplo: criação de uma rede de telecomunicações
- Exercícios
- Referências
- 10 Análise por envoltória de dados: DEA**
 - 10.1 Formulação padrão para análise por envoltória de dados
 - 10.2 Exemplo: desempenho de hospitais
 - 10.2.1 Solução usando DEA

- 10.2.2 Criação do conjunto de *benchmarks*
- 10.3 Problemas de grandes dimensões: análise de autopeças brasileiras
- Exercícios
- Referências
- 11 Outros tópicos em programação linear**
 - 11.1 Notação matricial na programação linear
 - 11.1.1 Cálculos com matrizes e vetores
 - 11.1.2 Representação de problemas de programação linear
 - 11.2 Métodos de pontos interiores
 - 11.2.1 Forma padrão para o algoritmo de Karmarkar
 - 11.2.2 Exemplo de formulação
- Exercícios
- Referências
- 12 Casos em programação linear**
 - 12.1 Otimização do custo de transporte de açúcar na Usina Amazonas
 - 12.1.1 Usina Amazonas
 - 12.1.2 Cana-de-açúcar
 - 12.1.3 Surgimento da necessidade
 - 12.1.4 Descrição do sistema
 - 12.1.5 Interesse da Usina Amazonas
 - 12.1.6 Para discussão
 - 12.2 Melhorando a produtividade de um banco norte-americano usando DEA
 - 12.2.1 Growth Bank
 - 12.2.2 Crescer com lucratividade
 - 12.2.3 Atividades realizadas
 - 12.2.4 Resultados encontrados
 - 12.2.5 Implementação das recomendações
 - 12.2.6 Para discussão
- Referências

Parte II: Programação inteira e programação dinâmica

- 13 Criações e criadores das programações inteira e dinâmica**
 - 13.1 Ralph Gomory e as origens da programação inteira
 - 13.2 Richard Bellman e a programação dinâmica
- Exercícios
- Referências
- 14 Modelagem de problemas de programação inteira**
 - 14.1 Problema da mochila 0-1
 - 14.1.1 Formulação do modelo
 - 14.1.2 Exemplo: orçamento de capital com variáveis inteiras
 - 14.2 Problema de atribuição com variáveis inteiras
 - 14.2.1 Formulação do modelo
 - 14.2.2 Exemplo: alocação de atividades ao pessoal da manutenção
 - 14.3 Problema de cobertura (ou de localização da fábrica)
 - 14.3.1 Formulação do modelo
 - 14.3.2 Exemplo: localização dos armazéns da CEARS
 - 14.4 Problema do caixeiro viajante
 - 14.4.1 Formulação do modelo
 - 14.4.2 Exemplo: definição de rotas de enfermeiros *home-care*
 - 14.5 Problema de programação da produção
 - 14.5.1 Formulação do modelo
 - 14.5.2 Exemplo: seqüenciamento da laminação de lingotes de aço
 - 14.6 Alguns casos de modelagens complexas
 - 14.6.1 Transformação de um problema inteiro genérico em 0-1
 - 14.6.2 Modelagem de condições “se-então”
 - 14.6.3 Modelagem de condições “ou-ou”
- Exercícios
- Referências
- 15 Algoritmos de programação inteira**
 - 15.1 Algoritmo de planos de corte
 - 15.1.1 Preliminares

- 15.1.2 Algoritmo de planos de corte
- 15.1.3 Algoritmo simplex dual
- 15.1.4 Exemplo de aplicação do algoritmo
- 15.1.5 Comentários adicionais
- 15.2 Algoritmo de *branch-and-bound*
 - 15.2.1 Preliminares
 - 15.2.2 Algoritmo de *branch-and-bound*
 - 15.2.3 Exemplo de aplicação
 - 15.2.4 Árvore de solução
 - 15.2.5 Comentários adicionais
- 15.3 Algoritmo de programação inteira 0-1 (ou enumeração implícita)
 - 15.3.1 Descrição e detalhes do algoritmo
 - 15.3.2 Exemplo de aplicação
 - 15.3.3 Comentários adicionais
- Exercícios
- Referências
- 16 Solução de problemas no computador**
 - 16.1 Modelagem de variáveis inteiras e parametrização do Solver
 - 16.2 Exemplos de modelagem e solução pelo computador
 - 16.2.1 Orçamento de capital com variáveis inteiras
 - 16.2.2 Localização dos armazéns da CEARS
 - 16.2.3 Definição de rotas dos enfermeiros *home-care*
 - 16.2.4 Seqüenciamento da laminação de lingotes de aço
 - 16.2.5 Fechamento de plantas após uma fusão
 - 16.2.6 Programação de mão-de-obra da churrascaria
- Exercícios
- Referências
- 17 Programação dinâmica**
 - 17.1 Conceitos e características dos problemas de PD
 - 17.2 Exemplo: gestão de estoques e demanda em um supermercado
 - 17.2.1 Aplicação do método
 - 17.2.2 Solução usando a planilha
 - 17.3 Alguns problemas e respectiva solução
 - 17.3.1 Problema de programação linear
 - 17.3.2 Alocação da força de vendas
 - 17.3.3 Reposição de caminhões numa transportadora
 - 17.3.4 Fluxo não-serial: indústria de processo
 - 17.3.5 Programação da máquina gargalo
 - 17.4 Comentários adicionais
- Exercícios
- Referências
- 18 Casos em programação inteira e dinâmica**
 - 18.1 Aumento de receitas e produtividade na rede de televisão NBC
 - 18.1.1 Visão geral do problema e da NBC
 - 18.1.2 Mercado *up-front*
 - 18.1.3 Necessidades e projeto realizado
 - 18.1.4 Problema de geração do plano de vendas
 - 18.1.5 Para discussão
 - 18.2 Coordenação da geração hidro-termo-elétrica brasileira na Eletrobrás
 - 18.2.1 Setor elétrico brasileiro
 - 18.2.2 Características do problema operacional
 - 18.2.3 Características do problema institucional
 - 18.2.4 Solução dos problemas
 - 18.2.5 Desenvolvimento do modelo operacional
 - 18.2.6 Resultados
 - 18.2.7 Para discussão
- Referências

Parte III: Programação não-linear

- 19 Criação e evolução histórica da programação não-linear**
 - 19.1 Cálculo, Newton, Leibniz, Lagrange e Euler

- 19.2 Programação não-linear
- 19.3 Prêmio Nobel de Economia de 1990
- Exercícios
- Referências
- 20 Otimização com cálculo diferencial**
 - 20.1 Conceito de derivada e regras de derivação
 - 20.1.1 Conceitos de limite e derivada
 - 20.1.2 Regras de derivação e exemplos de cálculo
 - 20.1.3 Derivadas de ordem superior e derivadas parciais
 - 20.2 Funções com uma variável
 - 20.2.1 Pontos ótimos
 - 20.2.2 Papel das derivadas na obtenção de pontos ótimos
 - 20.2.3 Funções côncavas e convexas
 - 20.3 Funções com múltiplas variáveis sem restrições
 - 20.3.1 Aspectos teóricos
 - 20.3.2 Exemplo: Investimento orientado pela sensibilidade do consumidor à propaganda
 - 20.3.3 Testes de concavidade e convexidade em funções com 2^{as} derivadas
 - 20.4 Funções com múltiplas variáveis e restrições: Multiplicadores de Lagrange
 - 20.4.1 Caso de uma restrição
 - 20.4.2 Caso de múltiplas restrições
 - 20.4.3 Exemplo: otimização do custo de matéria-prima de embalagens
- Exercícios
- Referências
- 21 Programação não-linear: visão geral, modelagem e solução computacional**
 - 21.1 Programação não-linear
 - 21.2 Problemas com funções-objetivo não-lineares
 - 21.2.1 Época ótima de abate de gado
 - 21.2.2 Taxa ótima de crescimento de uma empresa
 - 21.2.3 Definição do preço e do investimento em mídia
 - 21.3 Problemas com restrições não-lineares
 - 21.3.1 *Mix* da gasolina
 - 21.3.2 Definição de *mix* da gasolina na Texaco
 - 21.4 Problemas com funções-objetivo e restrições não-lineares
 - 21.4.1 Número de postos policiais para otimizar custos e atendimento
 - 21.4.2 Formulação de antiespumantes para a indústria de papel e celulose
- Exercícios
- Referências
- 22 Alguns aspectos teóricos sobre programação não-linear**
 - 22.1 Condições necessárias e suficientes da solução de problemas de PNL
 - 22.1.1 Condições de Karush-Kuhn-Tucker
 - 22.1.2 Exemplo de avaliação das condições de Karush-Kuhn-Tucker
 - 22.1.3 Condições necessárias e suficientes para otimização global
 - 22.2 Classificação e características de métodos de solução
 - 22.2.1 Otimização com uma variável
 - 22.2.2 Otimização com múltiplas variáveis
 - 22.2.3 Múltiplas variáveis sem restrições
 - 22.2.4 Múltiplas variáveis com restrições
 - 22.3 Parametrização do Solver
 - 22.3.1 Significado de algumas opções do Solver
 - 22.3.2 Condições de parada
 - 22.3.3 Questões sobre modelagem com funções não-suaves
 - 22.4 Análise de sensibilidade em problemas não-lineares
 - 22.4.1 Multiplicadores como preços-sombra
 - 22.4.2 Relatórios do Solver para problemas não-lineares
 - 22.5 Comentários finais
- Exercícios
- Referências
- 23 Programação quadrática**
 - 23.1 Otimização de preços e volumes de vendas
 - 23.1.1 Conceitos preliminares
 - 23.1.2 Modelo de maximização da margem

- 23.1.3 Exemplo: Definição de preços de aparelhos celulares
- 23.2 Otimização de carteiras de ativos
 - 23.2.1 Conceitos preliminares
 - 23.2.2 Modelo genérico de Markowitz
 - 23.2.3 Exemplo: seleção de carteiras de investimento
 - 23.2.4 Algumas variantes do modelo de Markowitz
- Exercícios
- Referências
- 24 Programação separável**
 - 24.1 Conversão de funções não separadas em separadas
 - 24.1.1 Funções multiplicativas de duas variáveis
 - 24.1.2 Funções multiplicativas de três ou mais variáveis
 - 24.1.3 Funções exponenciais
 - 24.1.4 Exemplo de conversão
 - 24.2 Aproximação de funções não-lineares por funções lineares segmentadas
 - 24.3 Formulação como uma função linear segmentada
 - 24.3.1 Problema com funções côncavas
 - 24.3.2 Problema com funções não-lineares genéricas
 - 24.4 Exemplo: Desdobramento da força de vendas por produtos
 - 24.4.1 Contextualização do problema
 - 24.4.2 Modelo genérico de desdobramento da força de vendas
 - 24.4.3 Solução do problema
 - 24.5 Exemplo: SIMPLES com uma função linear segmentada
 - 24.6 Exemplo: Dimensionamento de sistema termoelétrico
- Exercícios
- Referências
- 25 Casos em programação não-linear**
 - 25.1 Definição do tamanho e alocação da força de vendas
 - 25.1.1 Syntex Corporation
 - 25.1.2 Produtos e marketing na Syntex
 - 25.1.3 Problema
 - 25.1.4 Início da solução
 - 25.1.5 Para discussão
 - 25.2 Maximização da margem de uma empresa de *trading*
 - 25.2.1 Mercado sucroalcooleiro mundial
 - 25.2.2 Planejamento da empresa
 - 25.2.3 Contextualização do projeto
 - 25.2.4 Características a serem consideradas no modelo
 - 25.2.5 Início da solução
 - 25.2.6 Para discussão
- Referências

Parte IV: Teoria dos jogos e métodos heurísticos

- 26 Introdução à teoria dos jogos**
 - 26.1 Conceitos e classificação
 - 26.2 Jogos de soma constante com ponto de sela
 - 26.2.1 Exemplo: Negociação salarial entre empresa e sindicato
 - 26.2.2 Solução por estratégias dominantes
 - 26.2.3 Solução pelos critérios minimax e maximin
 - 26.3 Jogos de soma constante sem ponto de sela
 - 26.3.1 Modelagem do jogo
 - 26.3.2 Uso de estratégias mistas em jogos repetidos e não-repetidos
 - 26.3.3 Exemplo: Estratégias de propaganda em telefonia de longa distância
 - 26.3.4 Solução por programação linear
 - 26.4 Jogos de soma não-constante
 - 26.4.1 Representação bimatricial de jogos
 - 26.4.2 O dilema do prisioneiro
 - 26.4.3 Equilíbrio e estratégias de Nash
 - 26.4.4 Exemplo 1: Preço de equilíbrio de refrigerantes de cola nos EUA
 - 26.4.5 Exemplo 2: Estratégias para lançamento de um novo medicamento
 - 26.4.6 Exemplo 3: Programa 7½ do SBT (Sistema Brasileiro de Televisão)

- 26.5 Comentários sobre o dilema do prisioneiro jogado repetidamente
- 26.6 Comentários adicionais sobre teoria dos jogos
- Exercícios
- Referências
- 27 Complexidade computacional e intratabilidade: importância das heurísticas**
 - 27.1 Introdução
 - 27.1.1 Definições
 - 27.1.2 Ordem assintótica: notação $O(\cdot)$
 - 27.1.3 Algumas classes de complexidade
 - 27.2 Classificação de problemas algorítmicos
 - 27.2.1 Três categorias de problemas algorítmicos
 - 27.2.2 Problemas da classe P
 - 27.2.3 Problemas da classe NP
 - 27.3 Comentários adicionais sobre complexidade computacional
 - Exercícios
 - Referências
- 28 Regras de seqüenciamento**
 - 28.1 Exemplo introdutório ao seqüenciamento
 - 28.2 Regras de despacho
 - 28.2.1 Regras mais conhecidas
 - 28.2.2 Exemplo numérico
 - 28.2.3 Resultados oriundos de análises teóricas sobre regras de despacho
 - 28.2.4 Resultados oriundos de simulação de regras de despacho
 - 28.3 Regras de despacho parametrizáveis
 - 28.3.1 Três exemplos de regras parametrizáveis
 - 28.3.2 Exemplo numérico: problema do centro de usinagem
 - 28.3.3 Resultados oriundos de estudos de simulação
 - 28.4 Comentários adicionais
 - 28.4.1 Importância do estudo das regras de seqüenciamento
 - 28.4.2 Recordação dos principais pontos aprendidos
 - Exercícios
 - Referências
- 29 Métodos heurísticos de busca**
 - 29.1 Beam search
 - 29.1.1 Caso simples
 - 29.1.2 Caso filtrado
 - 29.2 Algoritmos genéticos
 - 29.2.1 Componentes dos AGs e algoritmo típico
 - 29.2.2 Operadores genéticos básicos
 - 29.2.3 Exemplo: otimização de funções multimodais
 - 29.2.4 Algumas variantes de algoritmos genéticos
 - 29.2.5 Comentários adicionais
 - 29.3 Busca tabu (tabu search)
 - 29.3.1 Idéias básicas da técnica e algoritmo geral
 - 29.3.2 Exemplo: fabricação de placas de circuito impresso
 - 29.3.3 Outros detalhes
 - 29.4 Simulated annealing
 - 29.4.1 Algoritmo geral
 - 29.4.2 Algumas idéias associadas
 - 29.4.3 Exemplo de aplicação
 - 29.5 Comentários finais
 - Exercícios
 - Referências
- 30 Processo Hierárquico Analítico: AHP**
 - 30.1 Base teórica do AHP
 - 30.1.1 Representação da hierarquia de decisão
 - 30.1.2 Comparação de pares
 - 30.1.3 Método do autovalor
 - 30.1.4 Agregação das prioridades e escolha final
 - 30.2 Exemplo: seleção de consultorias
 - 30.2.1 Representação da hierarquia
 - 30.2.2 Comparação de pares

- 30.2.3 Síntese das prioridades
- 30.2.4 Determinação da consistência
- 30.2.5 Agregação das prioridades e escolha final
- 30.3 Implementação do AHP no computador
 - 30.3.1 Solução usando planilha eletrônica
 - 30.3.2 Uso de softwares específicos
- Exercícios
- Referências
- 31 Caso em heurísticas**
 - 31.1 Decisões de colheita de cana na Austrália para maximizar a margem
 - 31.1.1 Regime de colheita de cana na Austrália
 - 31.1.2 Conceitualização do modelo
 - 31.1.3 Versão simplificada do modelo matemático
 - 31.1.4 Metodologia de solução
 - 31.1.5 Resultados potenciais
 - 31.1.6 Implementação efetiva
 - 31.1.7 Para discussão
- Referências

Anexo: Tópicos em matemática
Soluções e respostas dos exercícios
Bibliografia
Índice remissivo

