

Sumário

| | |
|---|----------|
| Capítulo 1 Pesquisa Operacional: Visão Geral | 1 |
| 1.1 Introdução à Pesquisa Operacional | 1 |
| 1.2 O Processo de Tomada de Decisão | 2 |
| 1.2.1 Modelagem para Tomada de Decisão | 4 |
| a) Variáveis de Decisão e Parâmetros | 5 |
| b) Função Objetivo | 5 |
| c) Restrições | 5 |
| 1.2.2 Processo de Modelagem e Resolução de Problemas | 6 |
| a) Definição do Problema | 7 |
| b) Construção do Modelo Matemático | 7 |
| c) Solução do Modelo | 7 |
| d) Validação do Modelo | 7 |
| e) Implementação dos Resultados | 7 |
| f) Avaliação Final | 7 |
| 1.3 Ferramentas da Pesquisa Operacional | 7 |
| 1.3.1 Modelos Determinísticos | 8 |
| a) Programação Linear | 8 |
| b) Programação Não Linear | 9 |
| c) Programação Binária e Inteira | 9 |
| d) Programação em Redes | 10 |
| e) Programação por Metas ou Multiobjetivo | 10 |
| f) Programação Dinâmica Determinística | 11 |
| 1.3.2 Modelos Estocásticos | 11 |
| a) Teoria das Filas | 11 |
| b) Modelos de Simulação | 11 |
| c) Programação Dinâmica Estocástica | 11 |
| d) Teoria dos Jogos | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 1.3.3 Outras Técnicas | 12 |
| a) Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão | 12 |
| b) Análise Envolvória de Dados | 12 |
| c) Inteligência Artificial | 12 |
| d) Inteligência Computacional | 13 |
| e) Heurísticas e Meta-heurísticas sob o Enfoque da Pesquisa Operacional | 13 |
| 1.4 Exercícios | 14 |
| 1.5 Resumo | 16 |

Capítulo 2 | Introdução à Programação Linear: Formulação Geral e Modelagem de Problemas Reais

| | |
|---|-----------|
| 2.1 Introdução | 17 |
| 2.2 Formulação Matemática de um Modelo Geral de Programação Linear | 18 |
| 2.3 Modelo de Programação Linear nas Formas Padrão e Canônica | 19 |
| 2.3.1 Modelo de Programação Linear na Forma Padrão | 19 |
| 2.3.2 Modelo de Programação Linear na Forma Canônica | 20 |
| 2.3.3 Transformações para a Forma Padrão ou Canônica | 20 |
| 2.4 Hipóteses do Modelo de Programação Linear | 22 |
| a) Proporcionalidade | 22 |
| b) Aditividade | 23 |
| c) Divisibilidade e não negatividade | 24 |
| d) Certeza | 24 |
| 2.5 Modelagem de Problemas Reais de Programação Linear | 24 |
| 2.5.1 Problema do <i>Mix</i> de Produção | 24 |
| 2.5.2 Problema da Mistura | 29 |
| 2.5.3 Problema da Dieta | 32 |
| 2.5.4 Problemas de Orçamento de Capital | 34 |
| 2.5.5 Problema de Seleção de Carteiras de Investimentos | 37 |
| Modelo 1 – Maximização do Retorno Esperado de uma Carteira de Investimentos | 38 |
| Modelo 2 – Minimização do Risco de uma Carteira de Investimentos | 39 |
| 2.5.6 Problema de Produção e Estoque | 44 |
| 2.5.7 Problema de Planejamento Agregado | 48 |
| 2.6. Exercícios | 53 |
| 2.7. Resumo | 62 |

| | |
|---|------------|
| Capítulo 3 Solução de Problemas de Programação Linear: Solução Gráfica, Analítica, pelo Método Simplex e por Computador | 65 |
| 3.1 Introdução | 66 |
| 3.2 Solução Gráfica de um Problema de Programação Linear | 66 |
| 3.2.1 Problema de Maximização de Programação Linear com uma Única Solução Ótima | 67 |
| 3.2.2 Problema de Minimização de Programação Linear com uma Única Solução Ótima | 69 |
| 3.2.3 Casos Especiais | 71 |
| 3.2.3.1 Múltiplas Soluções Ótimas | 71 |
| 3.2.3.2 Função Objetivo z Ilimitada | 72 |
| 3.2.3.3 Não Existe Solução Ótima | 73 |
| 3.2.3.4 Solução Ótima Degenerada | 74 |
| 3.3 Solução Analítica de um Problema de Programação Linear em que $m < n$ | 75 |
| 3.4 Método Simplex | 79 |
| 3.4.1 A Lógica do Método Simplex | 79 |
| 3.4.2 Solução Analítica do Método Simplex para Problemas de Maximização | 80 |
| 3.4.3 Forma Tabular do Método Simplex para Problemas de Maximização | 86 |
| 3.4.4 O Método Simplex para Problemas de Minimização | 94 |
| 3.4.5 Variáveis Artificiais para Encontrar uma SBF Inicial em Problemas com Restrições de Igualdade e Desigualdade do Tipo \geq | 98 |
| 3.4.5.1 Método das Penalidades (Big M) | 99 |
| 3.4.5.2 Método das Duas Fases | 103 |
| 3.4.6 Casos Especiais do Método Simplex | 108 |
| 3.4.6.1 Múltiplas Soluções Ótimas | 108 |
| 3.4.6.2 Função Objetivo z Ilimitada | 111 |
| 3.4.6.3 Não Existe Solução Ótima | 114 |
| 3.4.6.4 Solução Ótima Degenerada | 117 |
| 3.5 Solução por Computador | 120 |
| 3.5.1 Solver do Excel | 122 |
| 3.5.2 Solução dos Exemplos da Seção 2.5, do Capítulo 2, pelo Solver do Excel | 128 |
| 3.5.2.1 Solução do Exemplo 2.3 do Capítulo 2 (Problema do <i>Mix</i> de Produção da Empresa Venix Brinquedos) | 128 |
| 3.5.2.2 Solução do Exemplo 2.4, do Capítulo 2 (Problema do <i>Mix</i> de Produção da Empresa Naturelat Laticínios) | 134 |
| 3.5.2.3 Solução do Exemplo 2.5, do Capítulo 2 (Problema da Mistura da Refinaria Petrisul) | 136 |
| 3.5.2.4 Solução do Exemplo 2.6, do Capítulo 2 (Problema da Dieta) | 138 |

| | |
|---|------------|
| 3.5.2.5 Solução do Exemplo 2.7, do Capítulo 2 (Problema do Fazendeiro) | 140 |
| 3.5.2.6 Solução do Exemplo 2.8, do Capítulo 2 (Seleção de Carteiras – Maximização do Retorno Esperado). | 142 |
| 3.5.2.7 Solução do Exemplo 2.9, do Capítulo 2 (Seleção de Carteiras – Minimização do Desvio Absoluto Médio da Carteira) | 144 |
| 3.5.2.8 Solução do Exemplo 2.10, do Capítulo 2 (Problema de Produção e Estoque da Empresa Fenix&Móveis). | 146 |
| 3.5.2.9 Solução do Exemplo 2.11 do Capítulo 2 (Problema da Fabricante de Sucos Naturais <i>Lifestyle</i>). | 149 |
| 3.5.3 Mensagens de Erro do Solver para Soluções Ilimitadas e Infactíveis | 151 |
| 3.5.3.1 Função Objetivo z Ilimitada | 152 |
| 3.5.3.2 Não Existe Solução Ótima | 153 |
| 3.5.4 Análise dos Resultados Utilizando os Relatórios de Resposta e Limites do Solver | 153 |
| 3.5.4.1 Relatório de Resposta | 154 |
| 3.5.4.2 Relatório de Limites | 155 |
| 3.6 Exercícios. | 155 |
| 3.7 Resumo | 165 |

Capítulo 4 | Análise de Sensibilidade e Dualidade em Programação Linear 171

| | |
|---|------------|
| 4.1 Introdução. | 171 |
| 4.2 Análise de Sensibilidade | 172 |
| 4.2.1 Alteração em um dos Coeficientes da Função Objetivo (Solução Gráfica) | 174 |
| a) Inclinação e Coeficiente Angular da Reta | 174 |
| b) Equação Reduzida da Reta e Coeficiente Angular. | 175 |
| c) Coeficiente Angular da Função Objetivo a Partir de sua Equação Reduzida | 176 |
| d) Intervalo de Valores para c_1 ou c_2 que não Alteram a Solução Básica Original do Modelo | 176 |
| 4.2.2 Alteração em uma das Constantes do Lado Direito da Restrição e Conceito de Preço Sombra (Solução Gráfica) | 179 |
| a) Alterações na Disponibilidade de Recursos do Setor de Corte | 181 |
| b) Alterações na Disponibilidade de Recursos do Setor de Montagem | 183 |
| c) Alterações na Disponibilidade de Recursos do Setor de Acabamento | 185 |
| 4.2.3 Custo Reduzido | 186 |
| 4.2.4 Análise de Sensibilidade com o Solver do Excel | 189 |
| 4.2.4.1 Caso Especial: Múltiplas Soluções Ótimas | 191 |
| 4.2.4.2 Caso Especial: Solução Ótima Degenerada | 193 |
| 4.3. Dualidade em Programação Linear | 195 |
| 4.3.1 Teoria da Dualidade | 195 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.2 Caso Especial: Restrições de Igualdade e Variáveis Livres | 198 |
| 4.3.3 Interpretação Econômica de Dualidade | 202 |
| 4.3.4 Relações entre os Problemas Primal e Dual | 204 |
| 4.3.5 O Método Dual Simplex | 207 |
| 4.4 Exercícios. | 213 |
| 4.5 Resumo | 222 |
| Capítulo 5 Programação em Redes | 227 |
| 5.1. Introdução | 227 |
| 5.2. A Terminologia de Grafos e Redes | 228 |
| 5.3. Problema Clássico de Transporte | 231 |
| 5.3.1 Formulação Matemática do Problema Clássico de Transporte. | 232 |
| 5.3.2 Balanceando o Problema de Transporte Quando a Capacidade de Fornecimento Total não é Igual à Demanda Total Consumida | 235 |
| 5.3.3 Solução do Problema Clássico de Transporte | 241 |
| 5.3.3.1 O Algoritmo de Transporte | 241 |
| 5.3.3.2 Solução do Problema de Transporte pelo Solver do Excel. | 254 |
| 5.4 Problema de Transbordo. | 259 |
| 5.4.1 Formulação Matemática do Problema de Transbordo | 261 |
| 5.4.2 Solução do Problema de Transbordo pelo Solver do Excel. | 265 |
| 5.5 Problema de Designação de Tarefas | 267 |
| 5.5.1 Formulação Matemática do Problema de Designação de Tarefas. | 267 |
| 5.5.2 Solução do Problema de Designação de Tarefas pelo Solver do Excel. | 269 |
| 5.6 Problema do Caminho mais Curto | 271 |
| 5.6.1 Formulação Matemática do Problema do Caminho mais Curto | 272 |
| 5.6.2 Solução do Problema do Caminho mais Curto pelo Solver do Excel | 275 |
| 5.7 Problema do Fluxo Máximo | 276 |
| 5.7.1 Formulação Matemática do Problema do Fluxo Máximo | 277 |
| 5.7.2 Solução do Problema do Fluxo Máximo pelo Solver do Excel. | 279 |
| 5.8 Exercícios. | 281 |
| 5.9 Resumo | 286 |
| Capítulo 6 Programação Binária e Inteira. | 289 |
| 6.1 Introdução. | 289 |
| 6.2 Formulação Matemática de um Modelo Geral de Programação Inteira e/ou Binária e Relaxação Linear | 291 |

| | |
|--|------------|
| 6.3 O Problema da Mochila | 293 |
| 6.3.1 Modelagem do Problema da Mochila | 293 |
| 6.3.2 Solução do Problema da Mochila pelo Solver do Excel | 294 |
| 6.4 O Problema de Orçamento de Capital como um Modelo de Programação Binária | 297 |
| 6.4.1 Solução do Problema de Orçamento de Capital como um Modelo de Programação Binária pelo Solver do Excel | 298 |
| 6.5 O Problema do Caixeiro-viajante | 300 |
| 6.5.1 Modelagem do Problema do Caixeiro-viajante | 300 |
| 6.5.2 Solução do Problema do Caixeiro-viajante pelo Solver do Excel | 304 |
| 6.6 O Problema de Localização de Facilidades | 307 |
| 6.6.1 Modelagem do Problema de Localização de Facilidades | 307 |
| 6.6.2 Solução do Problema de Localização de Facilidades pelo Solver do Excel | 310 |
| 6.7 O Problema de Escalonamento de Pessoal | 312 |
| 6.7.1 Solução do Problema de Escalonamento de Pessoal pelo Solver do Excel | 315 |
| 6.8 Exercícios | 317 |
| 6.9 Resumo | 322 |
| Exercícios Resolvidos | 325 |
| Bibliografia | 349 |
| Índice Remissivo | 353 |