

# SUMÁRIO

Apresentação.....	15
1. Introdução .....	17
1.1 Otimização de Processos .....	17
1.2 Plano do Livro .....	20
2. Preliminares.....	21
2.1 Escalares, Vetores e Matrizes .....	21
2.2 Operações Vetoriais e Matriciais.....	23
2.3 Características de Vetores .....	25
2.4 Determinante e Autovalores de Matrizes Quadradas.....	27
2.5 Funções Matemáticas .....	33
2.6 Concavidade de uma Função .....	39
2.7 Convexidade de um Espaço.....	45
2.8 Série de Taylor.....	48
2.9 Método de Newton.....	51
2.10 Aproximações Numéricas de Derivadas .....	55
2.11 Resolvendo Sistemas de Equações Lineares .....	57
2.12 Exercícios .....	59

3.	Introdução à Programação Matemática.....	63
3.1	Começando com um Problema Simples.....	63
3.2	Padronização do Modelo Matemático .....	68
3.3	Graus de Liberdade .....	70
3.4	Restrições Ativas e Inativas .....	73
3.5	Múltiplos Objetivos .....	75
3.6	Análise de Sensibilidade.....	77
3.7	Classes de Problemas de Programação Matemática .....	79
3.8	Exercícios .....	79
4.	Condições de Otimalidade .....	83
4.1	Avançando para um Problema Não Linear.....	83
4.2	O Ponto Ótimo em Problemas Irrestritos .....	87
4.3	Introduzindo Restrições de Igualdade .....	87
4.4	Ponto Ótimo em Problemas com Restrições de Igualdade	90
4.5	Introduzindo Restrições de Desigualdade .....	92
4.6	O Ponto Ótimo em Problemas com Restrições de Desigualdade .....	94
4.7	Condições de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) .....	101
4.8	Obtenção de um Ponto KKT .....	105
4.9	Convexidade de Problemas de Otimização.....	108
4.10	Exercícios .....	113
5.	Programação Linear .....	117
5.1	Introdução .....	117
5.2	O Formato padrão do Método Simplex .....	119
5.3	Procurando Vértices .....	121
5.4	Variáveis Básicas e Não Básicas.....	125
5.5	Procurando o Vértice Ótimo .....	128
5.6	O Método Simplex .....	133
5.7	Usando Variáveis Artificiais.....	141
5.8	Casos Particulares do Método Simplex .....	146
5.9	Caso LP: Problema de Transporte .....	148
5.10	Caso LP: Problema de Mistura .....	151
5.11	Exercícios .....	157
6.	Programação Não Linear .....	165
6.1	Introdução .....	165

6.2	Começando com um Caso Não Convexo .....	166
6.3	Lidando com Problemas Não Convexos .....	169
6.4	Recomendações para Modelagem e Resolução de NLPs .....	172
6.5	Método dos Multiplicadores de Lagrange .....	179
6.6	Método de Programação Linear Sucessiva (SLP) .....	180
6.7	Método de Programação Quadrática Sucessiva (SQP) ...	184
6.8	Método de Gradiente Reduzido Generalizado (GRG) ...	186
6.9	Avaliação de Algoritmos de Otimização .....	189
6.10	Caso NLP: Ajuste de Modelo .....	191
6.11	Caso NLP: Otimização de Processo de Alquilação .....	193
6.12	Exercícios .....	198
7.	Fundamentos de Otimização Discreta .....	205
7.1	Introdução .....	205
7.2	Variáveis Discretas .....	206
7.3	Variáveis Binárias .....	207
7.4	Representação de Problemas Discretos .....	210
7.5	Modelando Restrições Lógicas .....	213
7.6	Convertendo Proposições Lógicas em Expressões Algébricas .....	219
7.7	Restrições Lógicas Envolvendo Variáveis Contínuas .....	220
7.8	Exercícios .....	223
8.	Programação Linear Inteira Mista .....	227
8.1	Introdução .....	227
8.2	Método de Busca Exaustiva .....	228
8.3	Relaxando o Problema .....	229
8.4	Método <i>Branch and Bound</i> .....	232
8.5	Problemas Clássicos MILP e IP .....	237
8.6	Identificação de Combinações Quase Ótimas .....	245
8.7	Linearização por Partes de Funções Não Lineares .....	248
8.8	Caso MILP: Problema de Alocação de Combustíveis .....	253
8.9	Caso MILP: Síntese de uma Sequência de Destilação .....	256
8.10	Caso MILP: Programação de Produção .....	262
8.11	Exercícios .....	272
9.	Programação Não Linear Inteira Mista .....	279
9.1	Introdução .....	279

9.2	Método de Busca Exaustiva .....	280
9.3	Método <i>Branch and Bound</i> .....	281
9.4	Métodos de Decomposição.....	281
9.5	Convexificação de Posinômios.....	287
9.6	Caso MINLP: Seleção Ótima de Processos .....	289
9.7	Caso MINLP: Projeto Ótimo de uma Planta Multiproduto .....	295
9.8	Exercícios .....	306
Apêndice A. Otimização Usando o Programa Gams .....		311
A.1	Introdução .....	311
A.2	Caso LP: Problema de Transporte .....	313
A.3	Caso NLP: Ajuste de Modelo .....	321
A.4	Caso NLP: Otimização de Processo de Alquilação .....	323
A.5	Caso MILP: Problema de Alocação de Combustíveis .....	326
A.6	Caso MILP: Programação de Produção .....	330
A.7	Caso MINLP: Seleção Ótima de Processos .....	336
A.8	Caso MINLP: Projeto Ótimo de uma Planta Multiproduto .....	338
Apêndice B. Otimização Usando o Programa Lingo .....		343
B.1	Introdução .....	343
B.2	Caso LP: Problema de Transporte .....	344
B.3	Caso NLP: Ajuste de Modelo .....	349
B.4	Caso NLP: Otimização de Processo de Alquilação .....	351
B.5	Caso MILP: Problema de Alocação de Combustíveis .....	354
B.6	Caso MILP: Programação de Produção .....	358
B.7	Caso MINLP: Seleção Ótima de Processos .....	364
B.8	Caso MINLP: Projeto Ótimo de uma Planta Multiproduto .....	366
Apêndice C. Otimização Usando o Programa Excel Solver.....		371
C.1	Introdução .....	371
C.2	Caso LP: Problema de Transporte .....	372
C.3	Caso NLP: Ajuste de Modelo .....	376
C.4	Caso NLP: Otimização de Processo de Alquilação .....	379
C.5	Caso MILP: Problema de Alocação de Combustíveis .....	383
C.6	Caso MINLP: Seleção Ótima de Processos .....	386

C.7 Caso MINLP: Projeto Ótimo de uma Planta	
Multiproduto .....	389
Bibliografia .....	393
Sobre o Autor .....	397