

SUMÁRIO

Apresentação.....	15
1. Introdução à Formulação de Ração.....	17
1.1 A Legislação	18
1.2 A Ração	18
1.3 Métodos de Formulação de Ração	18
1.4 Ingredientes e Aditivos	22
1.4.1 Composição Nutricional	26
1.4.2 Aproveitamento Biológico dos Nutrientes	26
1.4.3 Controle de Qualidade	28
1.4.4 Utilização com Animais	28
1.5 Nutrientes	28
1.5.1 Água	29
1.5.2 Carboidratos	29
1.5.3 Proteína e Aminoácidos	30
1.5.4 Lipídeos	30
1.5.5 Vitaminas	30
1.5.6 Elementos Inorgânicos	30
1.5.7 Energia	31
1.6 Unidades Usadas em Formulação de Ração	31
1.6.1 Unidades de Massa	31

1.6.2	Unidades de Energia	32
1.6.3	Porcentagem ou Porcentagem	33
1.6.4	Outras Unidades Relativas	33
1.7	Planilha Eletrônica Aplicada à Formulação de Ração	34
	Aplicação 1 – Porcentagem: Comparação de Rações	35
	Aplicação 2 – A Batida da Ração	37
	Aplicação 3 – O Preço da Ração	38
	Aplicação 4 – Resolução das Aplicações 1, 2 e 3 em Planilha Eletrônica ...	41
	Aplicação 5 – Porcentagem (%) versus Ponto Percentual (pp)	43
	Aplicação 6 – Transformação de Unidades Absolutas	45
	Aplicação 7 – Transformação de Unidades Absolutas em Planilha Eletrônica	47
	Aplicação 8 – Transformação de Unidades Relativas	49
	Aplicação 9 – O Custo com Uso de Aditivos e Premix	51
	Aplicação 10 – Suprindo a Exigência de Vitaminas e Microminerais	53
	Aplicação 11 – Suplementação Adicional com Vitamina e Microminerais ..	55
	Aplicação 12 – Exigência Nutricional Relativa	56
1.8	Matéria Seca e Matéria Natural	58
	Aplicação 13 – Composição Nutricional: Da Matéria Natural para a Matéria Seca	60
	Aplicação 14 – Classificação de Acordo com a Composição Nutricional	62
	Aplicação 15 – Composição Nutricional: Da Matéria Seca para a Matéria Natural	63
	Aplicação 16 – Oferecendo Ingredientes	65
	Aplicação 17 – Ração: Obtendo a Composição Nutricional	66
	Aplicação 18 – Ração: Da Matéria Seca para a Matéria Natural	69
	Aplicação 19 – Suplementação a Pasto	71
1.9	Uso de Equações de Predição	73
	Aplicação 20 – Equação de Predição: Regressão Linear Simples	75
	Aplicação 21 – Implementação da Aplicação 20 em Planilha Eletrônica ..	77
	Aplicação 22 – Equação de Predição: Regressão Linear Múltipla	78
	Aplicação 23 – Implementação da Aplicação 22 em Planilha Eletrônica	80
	Aplicação 24 – Equação de Predição: Polinomial do Segundo Grau	81
	Aplicação 25 – Implementação da Aplicação 24 em Planilha Eletrônica ..	83
	Aplicação 26 – Equação de Predição: Não Linear em Planilha Eletrônica	84
	Aplicação 27 – Mais sobre Exigências Nutricionais	86
	Aplicação 28 – Predição da Ingestão de Matéria Seca	87
	Aplicação 29 – Predição do Crescimento	88

1.10	Exercícios	90
1.11	Literatura Recomendada	97
1.12	Respostas dos Exercícios	98
1.13	Referências Bibliográficas	104
2.	Tentativa e Erro	107
2.1	Descrição do Método	107
2.1.1	Dados.....	108
2.1.2	Representação Matemática	109
2.1.3	Tentativa.....	110
2.1.4	Cálculos.....	110
2.1.5	Atende?.....	110
2.1.6	Ração	111
	Aplicação 30 – Tentativa e Erro: Os Dados e a Representação Matemática	111
	Aplicação 31 – Tentativa e Erro: Aleatória.....	112
	Aplicação 32 – Tentativa e Erro: Sistemática	115
	Aplicação 33 – Tentativa e Erro: Orientada.....	117
	Aplicação 34 – Tentativa e Erro: Em Planilha Eletrônica.....	119
	Aplicação 35 – Transformando a Mistura da Aplicação 30 para Matéria Natural.....	120
	Aplicação 36 – Tentativa e Erro: O Preço da Ração e o Preço da Alimentação	122
	Aplicação 37 – Tentativa e Erro: O Caso sem Solução	124
	Aplicação 38 – Tentativa e Erro: Exigência Expressa de Forma Absoluta	126
	Aplicação 39 – Tentativa e Erro: Exigência Expressa de Forma Absoluta – Sem Solução	128
	Aplicação 40 – Tentativa e Substituição.....	129
	Aplicação 41 – Tentativa e Erro: Fixando Ingrediente	131
	Aplicação 42 – Tentativa e Erro: Aplicação 41 em Planilha Eletrônica....	135
	Aplicação 43 – Tentativa e Erro: Formulando com Três Ingredientes e Dois Nutrientes.....	137
2.2	Exercícios.....	140
2.3	Literatura Recomendada.....	143
2.4	Respostas Dos Exercícios.....	144
2.5	Referências Bibliográficas	147
3.	O Quadrado de Pearson.....	149
3.1	Considerações Gerais.....	149

3.2	O Método Quadrado de Pearson.....	151
3.3	Requisitos.....	153
	Aplicação 44 – O Quadrado de Pearson: Dois Ingredientes e Um Nutriente (Caso Básico).....	154
	Aplicação 45 – O Quadrado de Pearson: Resolução em Planilha Eletrônica	158
	Aplicação 46 – O Quadrado de Pearson: O Caso sem Solução	160
	Aplicação 47 – O Quadrado de Pearson: A Exigência de Forma Absoluta.....	162
	Aplicação 48 – O Quadrado de Pearson: Fixando Ingrediente	165
	Aplicação 49 – Utilização Econômica de Ingredientes	169
	Aplicação 50 – Mais sobre Utilização Econômica de Ingredientes	173
	Aplicação 51 – O Quadrado de Pearson: Usando Misturas de Ingredientes	180
	Aplicação 52 – O Quadrado de Pearson: Três Ingredientes e Dois Nutrientes	183
	Aplicação 53 – O Quadrado de Pearson: O Espaço de Reserva	192
	Aplicação 54 – O Quadrado de Pearson: Integrando os Conceitos	200
3.4	Exercícios.....	210
3.5	Literatura Recomendada.....	214
3.6	Respostas dos Exercícios	215
3.7	Referências Bibliográficas	218
4.	Sistemas de Equações e de Inequações Lineares	219
4.1	Considerações Gerais.....	219
4.2	Sistema de Equações Lineares.....	220
4.3	Tipos de Soluções para Sistemas Lineares	222
	Aplicação 55 – Solução Única Factível – Resolução por Substituição.....	224
	Aplicação 56 – Solução Única Factível – Resolução por Eliminação	227
	Aplicação 57 – Solução Única Infactível – Resolução por Eliminação	231
	Aplicação 58 – Infinitas Soluções Factíveis – Resolução por Eliminação	233
	Aplicação 59 – Infinitas Soluções Factíveis – Utilizando o Sistema Solução	237
	Aplicação 60 – Infinitas Soluções Factíveis – Em Planilha Eletrônica	244
	Aplicação 61 – Infinitas Soluções Infactíveis – O Método da Eliminação	246
	Aplicação 62 – Sem Solução – O Método da Eliminação	249
	Aplicação 63 – Solução Única Factível – Três Ingredientes e Dois Nutrientes	252

4.4	Matrizes.....	255
4.4.1	Representação Geral	255
4.4.2	Matriz Quadrada.....	256
4.4.3	Vetores	256
4.4.4	Matriz Identidade	257
	Aplicação 64 – Operações com Matrizes – Soma	258
	Aplicação 65 – Operações com Matrizes – Multiplicação por Escalar ...	261
	Aplicação 66 – Operações com Matrizes – Subtração	264
	Aplicação 67 – Operações com Matrizes – Produto Interno ou Produto Escalar	267
	Aplicação 68 – Operações com Matrizes: Mais sobre Produto Escalar ...	269
	Aplicação 69 – Operações com Matrizes – Multiplicação de Matrizes	270
	Aplicação 70 – Multiplicação de Matrizes em Planilha Eletrônica	273
4.5	Representação Matricial de Sistemas de Equações Lineares	276
4.5.1	Sistema de Equações Lineares	276
4.5.2	Representação Matricial.....	276
	Aplicação 71 – Sistema Matricial de Equações	278
4.6	O Método da Eliminação de Gauss	279
4.6.1	Matriz Escalonada por Linhas	280
4.7	O Método da Eliminação de Gauss-Jordan	280
4.7.1	Matriz Escalonada Reduzida por Linhas.....	281
	Aplicação 72 – Eliminação de Gauss e de Gauss-Jordan	281
	Aplicação 73 – Eliminação de Gauss e de Gauss-Jordan: Exigência Absoluta	285
	Aplicação 74 – Eliminação de Gauss e de Gauss-Jordan: A Aplicação 51	289
	Aplicação 75 – Eliminação de Gauss e de Gauss-Jordan: A Aplicação 52	296
	Aplicação 76 – A Aplicação 54 – Resolvendo com Aplicativo	301
4.8	Análise de Existência de Soluções.....	306
	Aplicação 77 – Análise de Existência de Soluções	307
4.9	Matriz Inversa.....	312
	Aplicação 78 – Resolução de Sistemas Lineares Usando a Matriz Inversa	313
	Aplicação 79 – A Matriz Inversa Usando o Microsoft Excel®	317
4.10	Regra De Cramer.....	321
	Aplicação 80 – Resolução Usando a Regra de Cramer	322
	Aplicação 81 – O Determinante Usando o Microsoft Excel®	328
4.11	Sistema de Inequações Lineares Aplicado à Formulação	332

Aplicação 82 – Introdução às Inequações – Dois Ingredientes e Um Nutriente	333
Aplicação 83 – Introdução às Inequações – Dois Ingredientes e Dois Nutrientes	338
Aplicação 84 – Introdução a Inequações – O Caso sem Solução	343
4.12 Exercícios.....	346
4.13 Literatura Recomendada.....	351
4.14 Respostas dos Exercícios	351
4.15 Referências Bibliográficas	361
5. Programação Linear: Método Geométrico.....	363
5.1 O Método Geométrico para Sistemas de Equações Lineares.....	363
Aplicação 85 – Solução Única Factível: Resolução Geométrica	365
Aplicação 86 – Resolução Geométrica no Aplicativo GeoGebra: Equações	369
Aplicação 87 – Solução Única Infactível: Resolução Geométrica	372
Aplicação 88 – Infinitas Soluções Factíveis – Resolução Geométrica	377
Aplicação 89 – Infinitas Soluções Infactíveis: Resolução Geométrica	380
Aplicação 90 – Sem Solução: Resolução Geométrica.....	382
5.2 O Método Geométrico para Sistemas de Inequações Lineares.....	386
Aplicação 91 – Sistemas de Inequações: Resolução Geométrica 1	387
Aplicação 92 – Resolução Geométrica no Aplicativo GeoGebra: Inequações	397
Aplicação 93 – Sistemas de Inequações: Resolução Geométrica 2	399
Aplicação 94 – Sistemas de Inequações: Resolução Geométrica 3	408
5.3 Programação Linear – O Caso Padrão	415
5.3.1 O Caso Padrão da Programação Linear	415
Aplicação 95 – Programação Linear: O Caso Padrão	417
Aplicação 96 – Programação Linear: O Caso Padrão 2	422
5.4 Programação Linear – Aplicada à Formulação de Ração.....	427
Aplicação 97 – Resolução da Aplicação 91 por Programação Linear	429
Aplicação 98 – Resolução da Aplicação 93 por Programação Linear	431
Aplicação 99 – Resolução da Aplicação 89 por Programação Linear	433
5.5 Exercícios.....	436
5.6 Literatura Recomendada.....	439
5.7 Respostas dos Exercícios	439
5.8 Referências Bibliográficas	449
6. Programação Linear: Simplex	451
6.1 Considerações Gerais.....	451

Aplicação 100 – O Caso Padrão da Programação Linear – Resolução Algébrica	452
Aplicação 101 – O Caso Padrão da Programação Linear 2: Resolução Algébrica	460
Aplicação 102 – O Caso Padrão da Programação Linear: Simplex	470
Aplicação 103 – O Caso Padrão da Programação Linear 2: Simplex.....	475
Aplicação 104 – O Caso Padrão da Programação Linear: Microsoft Excel®	480
Aplicação 105 – O Caso Padrão da Programação Linear 2: Microsoft Excel®	486
Aplicação 106 – Resolução da Aplicação 97 pelo Simplex em Duas Fases.....	490
Aplicação 107 – Resolução da Aplicação 106 pelo Microsoft Excel®	498
Aplicação 108 – Resolução da Aplicação 98 pelo Simplex em Duas Fases.....	502
Aplicação 109 – Resolução da Aplicação 108 pelo Microsoft Excel®	514
Aplicação 110 – Resolução da Aplicação 88 pelo Simplex em Duas Fases.....	518
Aplicação 111 – Resolução da Aplicação 110 pelo Microsoft Excel®	526
Aplicação 112 – Resolução da Aplicação 94 pelo Simplex em Duas Fases.....	529
Aplicação 113 – Resolução da Aplicação 112 pelo Microsoft Excel®	536
Aplicação 114 – Ração Completa no Microsoft Excel®	542
Aplicação 115 – Ração Completa no Microsoft Excel® 2	548
Aplicação 116 – O Caso Padrão da Programação Linear: Análise de Sensibilidade	551
Aplicação 117 – O Caso Padrão da Programação Linear 2: Análise de Sensibilidade	555
Aplicação 118 – Análise de Sensibilidade para a Aplicação 106.....	559
Aplicação 119 – Análise de Sensibilidade para a Aplicação 108.....	562
Aplicação 120 – Análise de Sensibilidade para a Aplicação 110.....	567
Aplicação 121 – Análise de Sensibilidade para a Aplicação 114 Adaptada.....	569
6.2 Exercícios.....	574
6.3 Literatura Recomendada.....	577
6.4 Respostas dos Exercícios	577
6.5 Referência Bibliográficas.....	593
7. Programação Não Linear.....	595
7.1 Considerações Gerais.....	595
Aplicação 122 – Otimização de Equações Polinomiais	596

Aplicação 123 – Otimização de Equações Polinomiais em Planilha Eletrônica	599
Aplicação 124 – Retorno Decrescente	604
Aplicação 125 – Otimização do Lucro.....	606
Aplicação 126 – Programação não Linear Aplicada à Formulação de Ração	613
7.2 Exercícios.....	622
7.3 Literatura Recomendada.....	623
7.4 Respostas dos Exercícios	624
7.5 Referências Bibliográficas	628
8. Concentrado, Núcleo, Premix e Suplemento.....	631
Aplicação 127 – Formulação de Concentrado	632
Aplicação 128 – Formulação de Núcleo	656
Aplicação 129 – Formulação de Ração de Custo Mínimo Utilizando Núcleo	665
Aplicação 130 – Formulação de Premix	672
Aplicação 131 – Formulação de Suplemento	686
8.1 Exercícios.....	689
8.2 Literatura Recomendada	693
8.3 Respostas dos Exercícios	694
8.4 Referências Bibliográficas	704
Agradecimentos.....	705
Sobre o Autor.....	707