

Biometria florestal - Vol. 2

SUMÁRIO

1. Introdução	17
2. Funções de afilamento	21
2.1. Introdução	22
2.2. Teoria	23
2.3. Histórico das funções de afilamento	24
2.4. Modelos polinomiais	27
2.4.1. Polinômio do quinto grau - Schöepfer (1966)	28
2.4.2. Polinômio de potências fracionárias e inteiras - Hradetzky (1976)	34
2.5. Modelos segmentados	36
2.6. Modelos sigmoidais	42
2.6.1. Modelo de Ormerod (1973)	42
2.6.2. Ormerod modificado	44
2.7. Modelos compatíveis	45
2.7.1. Demaerschalk (1972)	45
2.8. Modelo de variável altamente flexível	49
2.8.1. Modelo de Kozak (1988)	49
2.8.2. Modelo de Kozak (1988) com variáveis auxiliares no expoente - Uma outra opção	53
2.8.3. Modelo de Kozak (1988) com restrição algébrica - Uma outra opção	54
2.8.4. Modelo de Kozak (2004)	58
2.8.5. Spline Misto Penalizado (PMS)	60
2.9. Razão entre volumes	64
2.9.1. Modelo de Amateis e Burkhart (1987)	64
2.9.2. Modelo de Clutter	66
3. Classificação de sítios florestais	69
3.1. Introdução	70
3.2. Métodos indiretos	70
3.3. Métodos diretos	71
3.4. Estimativa da qualidade do sítio proveniente de registro histórico	71
3.4.1. Estimativa da qualidade do sítio por meio do volume e da área basal do povoamento	71
3.4.2. Estimativa da qualidade do sítio proveniente de dados de altura das árvores dominantes	72
3.4.3. Estimativa da qualidade do sítio proveniente do crescimento periódico da altura	72
3.5. Fonte de dados para construção de curvas de índice de sítio	73
3.6. Conceito de árvores dominantes	74
3.7. Modalidades de curvas de índice de sítio	74
3.8. Métodos de construção de curvas de índice de sítio	76
3.8.1. Método da curva guia para construção das curvas de índice de sítio	76
3.8.2. Seleção da equação de sítio	85
3.8.3. Teste de anamorfismo	87
3.8.4. Método da diferença algébrica para construção de curvas de índice de sítio (ADA)	89
3.8.5. Descrição do método	89

3.8.6. Método da diferença algébrica generalizada para construção de curvas de índice de sítio (GADA)	92
3.8.7. Modelagem de crescimento em altura dominante	95
3.8.8. Aplicação da projeção com uso do modelo de Chapman e Richards	98
3.8.9. Modelagem simultânea (predição e projeção) da altura dominante	101
3.8.9.1. Modelagem simultânea (predição e projeção) da altura dominante com inclusão de variável climática	102
3.8.10. Método de predição dos parâmetros para construção de curvas de índice de sítio	108
4. Sobrevivência	109
4.1. Introdução	110
4.2. Estimativa da sobrevivência ao nível de povoamento pela abordagem da diferença algébrica (ADA)	111
4.2.1. Estimativa da sobrevivência em função do déficit cumulativo de água no solo	114
4.3. Estimativa da sobrevivência ao nível de povoamento pela abordagem de duas etapas	116
5. Introdução a modelos de crescimento e produção florestal	119
5.1. Introdução	120
5.2. Modelos descritivos	121
5.2.1. Modelos globais para povoamentos	123
5.2.2. Modelos por classe de diâmetro	124
5.2.3. Modelos para árvores individuais	124
5.2.4. Propriedade de invariância	125
5.3. Modelos descritivos com adição de variáveis ambientais	126
5.4. Modelos processuais	127
5.5. Modelos descritivos e modelos baseados em processo	132
6. Variáveis ambientais nos modelos descritivos	133
6.1. Introdução	134
6.2. Modificação no parâmetro inclinação no modelo de Chapman e Richards com variáveis climáticas	135
6.3. Modificação na assíntota do modelo de Chapman e Richards para fins de incorporação de variáveis climáticas	137
6.4. Variáveis ambientais	138
6.5. Seleção das variáveis climáticas e desenvolvimento da modelagem	141
7. Modelos biomatemáticos	143
7.1. Introdução	144
7.2. O modelo de Chapman e Richards	145
7.3. Interpretação das constantes	150
8. Modelos para o povoamento	157
8.1. Introdução	158
8.2. Modelos de produção de densidade variável	159
8.3. Compatibilidade de modelos de crescimento e produção	160
8.4. Desenvolvimento do modelo de densidade variável	162
8.4.1. Projeção da área basal e do volume	164
8.5. Aplicação	165
8.5.1. Aplicação do modelo de densidade variável de Clutter (1963)	166
8.6. Sistema de crescimento e produção ao nível de povoamento proposto por Scolforo (2018)	172

8.7. Modelo Scolforo (2018) e Scolforo et al. (2019) com inclusão de variável ambiental	183
8.7.1. Avaliação de cenários climáticos	192
9. Modelos de distribuição de diâmetros	193
9.1. Distribuição diamétrica	194
9.2. Tipos de distribuição	195
9.2.1. Unimodal	195
9.2.2. Multimodal	196
9.2.3. Distribuição decrescente	197
9.3. Distribuições contínuas	199
9.3.1. Distribuição Gamma	201
9.3.1.1. Método dos momentos	202
9.3.2. Distribuição Beta	204
9.3.2.1. Método dos momentos	205
9.3.2.2. Método da média e variância	207
9.3.3. Distribuição Weibull	211
9.3.3.1. Método da máxima verossimilhança	213
9.3.3.2. Método dos percentis	215
9.3.3.3. Método dos momentos	218
9.3.4. Distribuição Normal	222
9.3.4.1. Método dos momentos	224
9.3.5. Distribuição Log-normal	226
9.3.6. Distribuição	228
9.3.6.1. Método da máxima verossimilhança	230
9.3.6.2. Método dos momentos	233
9.3.6.3. Método de Knoebel - Burkhardt (1991)	235
9.3.6.4. Método da moda (Hafley e Buford, 1985)	237
9.3.6.5. Método da regressão linear (Zhou e McTague, 1996)	239
9.3.7. Testes para avaliação do ajuste das distribuições	241
9.4. Modelo de crescimento e produção por classe diamétrica	243
9.4.1. Aplicação	244
9.4.1.1. Sistema de projeção da distribuição Weibull pelo método dos percentis	247
10. Modelos para árvores individuais	255
10.1. Introdução	256
10.2. Modelos a nível de árvore individual dependentes da distância	256
10.3. Modelos a nível de árvore individual independentes da distância	257
10.3.1. Modelo de crescimento e produção compatível do nível da árvore individual ao povoamento florestal (abordagem de Scolforo et al., 2019)	258
10.3.1.1. Premissas fundamentais do sistema de crescimento e produção	260
10.3.1.2. Exemplo de aplicação do sistema proposto por Scolforo et al. (2019)	264
10.3.2. Modelo de árvore individual para definir estratégia de manejo de desbaste da floresta (abordagem de Scolforo et al., 2012)	268
10.3.3. Premissas fundamentais	270
10.3.3.1. Exemplo de aplicação do sistema proposto por Scolforo et al. (2012)	272
11. Modelos para povoamentos sujeitos a desbastes	275
11.1. Introdução	276
11.2. Procedimento 1: modelos globais	276

11.2.1. Modelo para estimar a área basal de povoamento sujeito a desbaste	276
11.2.2. Modelo para estimar o número de árvores em povoamento sujeito a desbaste	282
11.3. Procedimento 2: modelo global de predição e de projeção da área basal usado tanto em povoamentos desbastados, como em povoamentos não desbastados	286
11.3.1. Forma original de aplicação	286
11.3.2. Método proposto por Oliveira et al. (2024)	287
11.3.3. Método proposto por Oliveira et al. (2024) com inclusão do conceito de uniformidade	289
11.4. Procedimento 3: modelo por classe de diâmetro para retratar desbastes	293
12. Modelos para florestas nativas	295
12.1. Introdução	296
12.2. Modelo de produção global	297
12.3. Modelos por classe diamétrica	298
12.3.1. Uso do incremento diamétrico médio com base no centro da classe de diâmetro	298
12.3.1.1. Razão de movimentação dos diâmetros	299
12.3.1.2. Aplicação	299
12.3.1.3. Incremento diamétrico variável sobre o diâmetro atual - método de Wahlenberg (1941)	306
12.3.1.4. Aplicação	307
12.3.1.5. Modelo de produção por meio da matriz de transição	312
12.3.1.6. Matriz de transição e a prognose	312
12.3.1.7. Aplicação	313
12.3.1.8. Estado estável ou de equilíbrio da floresta	317
12.3.1.9. Estados absorventes	318
12.3.2. Modelo de Adams e Ek (1974)	318
12.4. Métodos para estimar a trajetória do crescimento em DAP	320
12.4.1. Método Condit, Hubber e Foster (1993)	320
12.4.2. Método de Scolforo et al. (2017)	322
12.4.2.1. Exemplo	325
12.5. Distribuição de Meyer	326
13. Regressão avançada	333
13.1. Introdução	334
13.2. Exames de resíduos	334
13.2.1. Exame da distribuição dos resíduos	335
13.2.2. Análise dos resíduos para detectar observação influente	337
13.2.3. Independência entre resíduos	340
13.2.3.1. Tipos de modelos matemáticos	340
13.2.3.2. Fontes de autocorrelação	341
13.2.3.3. Testes para diagnosticar autocorrelação	341
13.2.3.4. Normalidade dos resíduos	344
13.3. Multicolinearidade	346
13.3.1. Diagnóstico da multicolinearidade	347
13.3.2. Teste para detectar a extensão da multicolinearidade	351
13.3.3. Teste para detectar a localização da multicolinearidade	352
13.3.4. Métodos alternativos de análise de regressão em presença de multicolinearidade	354
13.4. Método da máxima verossimilhança	356
13.5. Construção de modelos	368
13.6. Modelos não lineares	371
13.6.1. Método de Gauss-Newton	372

13.6.2. Método de Marquardt	374
13.6.3. Modelos não lineares e suas derivadas parciais	375
13.6.4. Aplicação dos procedimentos de Marquardt e Gauss-Newton	376
13.6.4.1. Exemplo para Marquardt	377
13.6.4.2. Exemplo para Gauss-Newton	407
14. Identidade de modelos	435
14.1. Introdução	436
14.2. Redução de soma de quadrados associada a variáveis dummy	436
14.3. Teste de identidade de modelos não lineares	445
15. Modelos lineares mistos	449
15.1. Introdução	450
15.2. Aplicação dos modelos lineares mistos à área florestal	451
15.2.1. Aplicação dos LMMs ao inventário florestal	452
15.2.2. Aplicação dos LMMs à modelagem florestal	453
15.3. Modelo linear misto - visão geral	453
15.3.1. Conceitos importantes	454
15.3.1.1. Dados agrupados	454
15.3.1.2. Dados de medidas repetidas	454
15.3.1.3. Dados longitudinais	455
15.3.1.4. Dados longitudinais agrupados	455
15.4. Estrutura do modelo linear misto	455
15.5. Construção do modelo linear misto	456
15.6. Exemplo de aplicação do LMM para modelagem hipsométrica, conforme apresentado por Oliveira et al. (2024)	457
15.6.1. Descrição do experimento e banco de dados	457
15.6.2. Modelo ajustado e sua aplicação	458
15.6.3. Aplicação do modelo em novas bases de dados	461
16. Biometria e o inventário aplicados ao planejamento florestal	465
16.1. Introdução	466
16.2. Premissas para um bom planejamento	467
16.3. Interfaces do planejamento florestal	469
16.4. Considerações finais	478
17. Anexo tabelas	479
18. Referências bibliográficas	491