

SUMÁRIO

Capítulo 1 – ESCOPO DA FERTILIDADE DO SOLO	1
1.1 Considerações gerais	1
1.1.1 Importância da fertilidade do solo	2
1.1.2 Relação com outras disciplinas	3
1.1.3 Importância do método científico	4
1.2 Nutrientes e sustentabilidade	5
1.2.1 Adubação e economia da produção	5
1.2.2 Fertilizantes e desenvolvimento	5
1.2.3 Fertilidade do solo e meio ambiente	6
Capítulo 2 – SOLOS	9
2.1 Conceito de solo	9
2.1.1 Definição de solo	9
2.1.2 Fatores de formação do solo	10
2.2 Composição química	12
2.2.1 A fração mineral do solo	13
2.2.2 Matéria orgânica	15
2.2.3 Nutrientes e outros elementos químicos	16
2.3 Constituição física e propriedades coloidais do solo	17
2.3.1 O solo como sistema trifásico	17
2.3.2 Granulometria	18
2.3.3 Propriedades coloidais do solo	19

2.4 O solo como sistema poroso	20
2.4.1 Estrutura do solo	21
2.4.2 Porosidade	21
2.4.3 Cálculo da densidade	22
2.5 Organismos	24
2.5.1 Importância dos organismos	24
2.5.2 Organismos superiores	24
2.5.3 Micro-organismos	25
2.6 Água no solo	26
2.7 Atmosfera do solo	28
2.8 Classificação de solos	29
2.9 Conservação e funções ecológicas do solo	35
2.10 Constituição do solo e produtividade	36
2.11 Exercícios	38
Capítulo 3 – INTERAÇÕES ENTRE NUTRIENTES E SOLO	39
3.1 A solução do solo	39
3.1.1 Composição	40
3.1.2 Equilíbrio químico	43
3.1.3 Relação com a fase sólida	46
3.2 A reação do solo	47
3.3 Troca de cátions	50
3.3.1 A troca de cátions em solos	50
3.3.2 Origem da troca de cátions em solos	52
3.3.3 Determinações e definições	58
3.3.4 Equilíbrio de íons trocáveis e em solução	59
3.3.5 A dupla camada elétrica difusa	61
3.4 Solos de cargas variáveis	63
3.4.1 Cargas elétricas em minerais trocadores de íons	64

3.4.2 O ponto de carga zero	65
3.4.3 Propriedades eletroquímicas em solos de cargas variáveis	66
3.5 Adsorção de fosfato e sulfato	68
3.5.1 Solubilidade e adsorção de fosfatos	68
3.5.2 Adsorção de sulfato	72
3.6 Processos biológicos	72
3.6.1 Envolvendo nitrogênio	72
3.6.2 Envolvendo outros elementos	74
3.7 Reações de oxirredução	74
3.8 Perdas de nutrientes do solo	77
3.9 Exercícios	78
Capítulo 4 – CONCEITOS	81
4.1 Elementos essenciais e nutrientes minerais	81
4.2 Absorção e disponibilidade de nutrientes	83
4.3 Lei do mínimo	86
4.4 Curvas de resposta	87
4.5 Lei dos incrementos decrescentes	88
4.6 Porcentagem de suficiência	91
4.7 Mobilidade dos nutrientes	93
4.8 Interação dos fatores de produção	94
4.9 Dose mais econômica de fertilizantes	96
4.10 Exercícios	98
Capítulo 5 – AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO	101
5.1 Evolução da análise de solos no Brasil	102
5.1.1 Laboratórios	102
5.1.2 Evolução dos métodos de análise	103

5.2 Amostragem de solos	106
5.2.1 Variabilidade e amostras compostas	106
5.2.2 Escolha de glebas ou áreas para amostragem	109
5.2.3 Retirada de amostras	111
5.3 Métodos de análise de solo	115
5.3.1 Métodos usados	115
5.3.2 Calibração da análise de solo	116
5.3.3 Classes de teores em solos	118
5.4 Interpretação da análise de solo	121
5.4.1 Nitrogênio	123
5.4.2 Fósforo e potássio	124
5.4.3 Acidez	126
5.4.4 Cálcio, magnésio e enxofre	126
5.4.5 Micronutrientes	128
5.4.6 Matéria orgânica e argila	128
5.4.7 Interpretação de resultados de análise de amostras do subsolo	128
5.5 Representação dos resultados de análises	130
5.5.1 Unidades de representação dos resultados de análises	130
5.5.2 Solos	130
5.5.3 Folhas	131
5.5.4 Corretivos da acidez	131
5.5.5 Fertilizantes	131
5.5.6 Conversão de unidades	132
5.6 Exercícios	134
Capítulo 6 – EXPERIMENTAÇÃO COM PLANTAS	135
6.1 Características de experimentos de adubação	136
6.2 Experimentos em vasos	138

6.3 Ensaio exploratórios	139
6.4 Experimentos NPK	140
6.5 Comparação de fontes de nutrientes	144
6.6 Experimentos de longa duração	147
6.7 Ensaio demonstrativos	149
6.8 Avaliação geral de experimentos	150
6.9 Informações suplementares sobre experimentos	151
6.9.1 Experimentos de laboratório	151
6.9.2 Experimentos em casa de vegetação	152
6.9.3 Experimentos de campo	153
6.10 Exercícios	154

Capítulo 7 – AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS 157 |

7.1 Fundamentos da diagnose foliar	157
7.2 Amostragem de material vegetal	160
7.3 Análise química de plantas	163
7.4 Interpretação de resultados de análise foliar	163
7.5 Comparação da análise foliar com a análise de solo	166
7.6 Exercício	170

Capítulo 8 – ACIDEZ E CALAGEM 173 |

8.1 Origem e neutralização da acidez	173
8.1.1 Fontes de acidez	173
8.1.2 Neutralização da acidez do solo	174
8.2 Os cátions trocáveis e a acidez	176
8.3 Determinação da acidez do solo	180
8.4 Relações entre cátions trocáveis e pH	182

8.4.1 pH versus saturação por bases	182
8.4.2 pH versus saturação por alumínio	186
8.5 Necessidade de calagem	187
8.5.1 Critério baseado em alumínio e teores de cálcio mais magnésio	187
8.5.2 Método do tampão SMP	188
8.5.3 Elevação da saturação por bases	190
8.6 Efeito da acidez em culturas	191
8.7 Interação da calagem e outros fatores de produção	195
8.8 Exercícios	198
Capítulo 9 – NITROGÊNIO	201
9.1 Origem e formas no solo	201
9.2 Dinâmica do nitrogênio no solo	204
9.3 Disponibilidade	208
9.4 Análise de solo	209
9.5 Nitrogênio na planta	212
9.6 Respostas das culturas a nitrogênio	213
9.7 Nitrogênio nas tabelas de adubação	216
9.8 Exercícios	216
Capítulo 10 – FÓSFORO	217
10.1 Formas no solo	218
10.1.1 Fósforo em solução e na fase sólida	218
10.1.2 Solubilidade e adsorção	220
10.2 Disponibilidade de fósforo no solo	224
10.2.1 Fosfato lábil	225
10.2.2 Avaliação da disponibilidade de fósforo	225

10.3 Métodos de análise de solo	229
10.3.1 A longa busca pelo método adequado	229
10.3.2 Limitações dos extratores químicos	231
10.3.3 O que medir pela análise de fósforo em solos	232
10.4 Método da resina trocadora de íons	233
10.4.1 Detalhes do método	235
10.4.2 Calibração e outros aspectos agronômicos	239
10.5 Fósforo na planta	242
10.6 Respostas das culturas a fósforo	244
10.7 Fósforo nas tabelas de adubação	245
10.8 Exercícios	248
Capítulo 11 – POTÁSSIO	249
11.1 Formas no solo	249
11.2 Disponibilidade	250
11.3 Análise de solo para potássio	251
11.4 Disponibilidade do potássio não trocável	254
11.5 Fatores que afetam a disponibilidade de potássio em solos	257
11.6 Potássio na planta	261
11.7 Respostas das culturas a potássio	262
11.8 Potássio nas tabelas de adubação	263
11.9 Exercícios	264
Capítulo 12 – MACRONUTRIENTES SECUNDÁRIOS	265
12.1 Formas no solo	265
12.2 Disponibilidade e análise de solo para magnésio e cálcio	267
12.3 Disponibilidade e análise de solo para enxofre	269

12.4 Enxofre para as culturas	270
12.5 Magnésio para as culturas	272
12.6 Cálcio para as culturas	272
12.7 Exercícios	273

Capítulo 13 – MICRONUTRIENTES 275

13.1 Formas no solo	275
13.1.1 Boro	276
13.1.2 Molibdênio	276
13.1.3 Zinco	276
13.1.4 Cobre	277
13.1.5 Manganês	277
13.1.6 Ferro	278
13.1.7 Cloro	278
13.2 Análise de solo para micronutrientes	278
13.3 Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes	280
13.4 Interpretação da análise de solo para micronutrientes	281
13.5 Micronutrientes nas plantas	282
13.6 Respostas das culturas a micronutrientes	284
13.7 Exercícios	285

Capítulo 14 – OUTROS ELEMENTOS QUÍMICOS 287

14.1 Silício	287
14.2 Sódio	288
14.3 Cobalto	289
14.4 Selênio	289
14.5 Metais pesados tóxicos	290

Capítulo 15 – CORRETIVOS E FERTILIZANTES	293
15.1 Corretivos	293
15.1.1 Corretivos de acidez	294
15.1.2 Corretivos de alcalinidade e sodicidade	297
15.2 Fertilizantes orgânicos	300
15.3 Fertilizantes nitrogenados	303
15.4 Fertilizantes fosfatados	309
15.5 Fertilizantes contendo potássio, cálcio, magnésio ou enxofre	317
15.6 Fertilizantes contendo micronutrientes	319
15.7 Acidez, alcalinidade e índice salino dos fertilizantes	321
15.8 Fertilizantes mistos e complexos	323
15.9 Legislação	324
15.10 Exercícios	325
Capítulo 16 – ECONOMIA DE USO DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS	327
16.1 Relações de troca	327
16.2 Dose mais econômica	328
16.3 Retornos e custos de produção	332
16.4 Princípio da substituição	335
16.5 Situações de insumos mínimos	336
16.6 Equilíbrio entre adubação e economia	337
16.7 Escolha do fertilizante ou corretivo	341
16.8 Economia da calagem	342
16.9 Adubação para colheita econômica máxima	344
16.10 Adubação e desenvolvimento agrícola	347
16.11 Exercícios	349

Capítulo 17 – CORREÇÃO DO SOLO	351
17.1 Correção da acidez para culturas diversas	351
17.2 Época e modo de aplicação de calcário	353
17.3 Perdas de cálcio e magnésio	357
17.4 Correção do ambiente radicular do subsolo	363
17.5 Efeitos depressivos da calagem	372
17.6 Correção de salinidade e sodicidade	372
17.7 Exercícios	375
Capítulo 18 – USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES	377
18.1 Dimensionamento das adubações	377
18.2 Eficiência de aplicação de fósforo	381
18.3 Uso de fosfatos naturais	383
18.4 Eficiência de aplicação de adubos nitrogenados	385
18.5 Uso eficiente de adubos potássicos	388
18.6 Aplicação de macronutrientes secundários e micronutrientes ..	390
18.7 Uso de fertilizantes fluidos	392
18.8 Adubação e meio ambiente	394
18.9 Exercícios	395
RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS	397
REFERÊNCIAS	405