

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	22
<b>1. Crescimento e desenvolvimento da soja</b> .....	27
1.1. Botânica e morfologia .....	31
1.2. Escala fenológica.....	37
1.2.1. A escala fenológica de Fehr & Caviness (1977)...	39
1.2.1.1. Fase vegetativa.....	40
1.2.1.2. Fase reprodutiva .....	46
1.3. Ecofisiologia e manejo .....	54
1.3.1. Fase semeadura – emergência (SE-VE).....	54
1.3.2. Fase de desenvolvimento vegetativo (VC-Vn).....	61
1.3.3. Fase de florescimento (R1-R2).....	67
1.3.4. Fase de formação do legume (R3-R4) .....	72
1.3.5. Fase de enchimento de grãos (R5-R6).....	77
1.3.6. Fase de maturação fisiológica (R7-R8) .....	82
1.4. Tipos de crescimento .....	88
1.5. Grupo de maturidade relativa (GMR).....	100
1.6. Índice de área foliar (IAF).....	111
1.7. Hormônios Vegetais e Reguladores de Crescimento ...	125
1.7.1. Ácido abscísico (ABA) .....	127
1.7.2. Auxina .....	129
1.7.3. Citocinina (CIT).....	131
1.7.4. Etileno (ET) .....	134
1.7.5. Giberelina (GA).....	135
1.8. Período crítico da soja .....	138
1.9. Componentes agronômicos ótimos de produtividade...	142
1.10. Proteína nos grãos de soja .....	154

<b>2. Exigências climáticas da soja</b> .....	167
2.1. Água.....	168
2.1.1. A água no sistema solo-planta-atmosfera.....	172
2.1.2. O solo como reservatório de água para as plantas .....	176
2.1.3. Disponibilidade e acessibilidade de água do solo .....	180
2.1.4. Capacidade das plantas acessarem a água .....	182
2.1.5. Irrigação .....	188
2.1.6. Deficiência hídrica.....	199
2.1.7. Excesso hídrico.....	215
2.2. Temperatura .....	222
2.3. Radiação solar .....	229
2.4. Fotoperíodo.....	237
2.4.1. Fotoperíodo crítico e fotoperíodo ótimo .....	240
2.4.2. Juvenilidade .....	245
2.5. Coeficiente fototérmico .....	250
2.6. Fenômenos climáticos .....	253
2.6.1. Mudanças climáticas.....	272
2.6.1.1. Eventos climáticos extremos: enchentes de 1941 e 2024 no Rio Grande do Sul... 275	
<b>3. Potencial e lacunas de produtividade de soja</b> .....	283
3.1. Potencial e lacunas de produtividade da soja no Brasil ..	286
3.2. Potencial e lacunas de produtividade da soja nos Estados Unidos .....	307
3.3. Potencial e lacunas de produtividade da soja na Argentina.....	317
3.4. Potencial e lacunas de produtividade da soja no Paraguai.....	329
<b>4. Época de semeadura da soja</b> .....	339
4.1. Época de semeadura da soja no Brasil .....	342
4.1.1. Épocas de semeadura da soja visando atingir o potencial de produtividade no Brasil .....	344

4.1.2.	Época de semeadura da soja para minimizar os riscos de perda de produtividade no Brasil .....	355
4.1.2.1.	Época de semeadura da soja para amenizar os impactos do fenômeno ENOS no Brasil..	365
4.2.	Época de semeadura da soja nos Estados Unidos .....	388
4.3.	Época de semeadura da soja na Argentina .....	392
4.4.	Época de semeadura da soja no Paraguai.....	396
<b>5.</b>	<b>Cultivares.....</b>	<b>405</b>
5.1.	Adaptabilidade e estabilidade: o que busco para minha lavoura? .....	407
5.2.	Chaveamento (passo a passo) para escolha da melhor cultivar para cada lavoura.....	410
5.2.1.	Ambiente e o sistema de produção .....	411
5.2.1.1.	Ciclo agrônomo ótimo .....	415
5.2.2.	Nível tecnológico e limitações da lavoura .....	417
5.2.3.	Biotecnologias e tolerância genética .....	420
<b>6.</b>	<b>Plantabilidade.....</b>	<b>433</b>
6.1.	Distribuição de plantas.....	433
6.2.	Densidade agrônomo ótima .....	456
6.3.	Espaçamento entre linhas .....	467
<b>7.</b>	<b>Nutrição .....</b>	<b>477</b>
7.1.	Correção e condicionamento do solo .....	479
7.2.	Adubação.....	484
7.2.1.	Nutrientes: do solo à planta.....	492
7.3.	Macronutrientes .....	501
7.3.1.	Nitrogênio .....	501
7.3.1.1.	Limitação de nitrogênio em lavouras de soja de alta produtividade.....	510
7.3.2.	Potássio.....	514
7.3.3.	Cálcio.....	521
7.3.4.	Magnésio .....	524
7.3.5.	Fósforo .....	526

7.3.6. Enxofre .....	533
7.4. Micronutrientes .....	537
7.4.1. Boro.....	537
7.4.2. Cobre.....	538
7.4.3. Ferro.....	539
7.4.4. Molibdênio .....	541
7.4.5. Manganês.....	542
7.4.6. Zinco.....	543
7.4.7. Níquel .....	544
<b>8. Sistemas de produção de soja no mundo - Os degraus de uma lavoura de soja lucrativa e sustentável.....</b>	<b>547</b>
8.1. Sistemas de produção: Soja-Milho Safrinha.....	548
8.2. Sistemas de produção: Soja-Algodão .....	560
8.3. Sistemas de produção: Trigo-Soja.....	572
8.4. Sistema de produção: Milho-Soja .....	582
8.5. Sistema de produção: Pecuária-Soja .....	588
8.6. Sistema de produção: Culturas de Cobertura-Soja ....	593
8.7. Sistema de produção: Canola-Soja .....	602
8.8. Sistema de produção em terras baixas: Arroz irrigado-Soja .....	609
<b>9. Ecofisiologia digital .....</b>	<b>623</b>
<b>10. Soybean System Money Maker: a revolução da sustentabilidade na lavoura de soja .....</b>	<b>633</b>
10.1. Como medir a sustentabilidade nas lavouras de soja? .	636
10.2. Caminho para a lucratividade e sustentabilidade na lavoura de soja: o que aprendemos com cinco anos de Soybean Money Maker.....	639
10.3. Diagnóstico da lacuna de produtividade e planejamento de uma lavoura de soja .....	649
<b>Considerações finais .....</b>	<b>657</b>
<b>Referências .....</b>	<b>659</b>

# Sumário

## Ecofisiologia do milho: visando altas produtividades - 2<sup>a</sup> ed.

Introdução.....	13
<b>1. Crescimento e Desenvolvimento .....</b>	<b>23</b>
1.1 Botânica.....	25
1.2 Escala fenológica .....	31
1.2.1 A escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993) .....	32
1.2.1.1 Fase vegetativa 34	
1.2.1.2 Fase reprodutiva .....	41
1.3 Fases de desenvolvimento e exigências da cultura.....	46
1.3.1 Fase de semeadura – emergência.....	46
1.3.2 Fase de desenvolvimento vegetativo.....	52
1.3.3 Fase florescimento – polinização.....	66
1.3.4 Fase enchimento de grãos .....	71
1.3.5 Fase maturidade fisiológica – colheita.....	78
1.4 Genótipos.....	84
1.5 Densidade Agronômica Ótima (DAO).....	99
1.6 Manejo da densidade em ambientes marginais e expressão dos mecanismos de plasticidade - A experiência na Argentina .....	109

1.7 Índice de área foliar.....	115
1.8 Componentes de produtividade.....	118
1.9 A realidade dos componentes de produtividade nas lavouras de milho do Sul do Brasil .....	125
<b>2. Exigências Climáticas.....</b>	<b>131</b>
2.1 Água .....	132
2.1.1 Chuva.....	132
2.1.2 Deficiência hídrica .....	142
2.1.1.1 Fisiologia do déficit hídrico .....	143
2.1.3 Excesso hídrico .....	147
2.2 Temperatura do ar.....	155
2.3 Radiação solar .....	166
2.4 Fotoperíodo .....	172
2.5 Fenômeno ENOS.....	173
2.6 Mudanças climáticas.....	178
<b>3. Nutrição.....</b>	<b>185</b>
3.1 Calagem e condicionamento do solo .....	186
3.1.1 Nutrientes: do solo à planta.....	189
3.2 Exigências nutricionais .....	191
3.2.1 Nitrogênio (N) .....	194
3.2.2 Fósforo (P) .....	202

3.2.3 Potássio (K).....	206
3.2.4 Enxofre (S).....	209
3.3 Marcha de absorção, acumulação e exportação de nutrientes .....	210
<b>4. Ecofisiologia Digital.....</b>	<b>223</b>
4.1 Ecofisiologia digital aplicada na cultura do milho.....	224
<b>5. Época de Semeadura.....</b>	<b>233</b>
5.1 Época de semeadura visando maximizar o potencial produtivo.....	234
5.2 Época de semeadura visando minimizar os riscos de perda de produtividade por adversidades climáticas .....	239
5.3 Época de semeadura visando a intensificação sustentável do sistema de produção.....	252
5.3.1 Critérios para definição da época de semeadura do sistema intensificado no Centro-Norte do Brasil.....	253
5.3.2 Critérios para época de semeadura de sistema intensificado no Centro-Sul do Brasil.....	264
5.3.3 Como o fenômeno El Niño Oscilação Sul impacta a época de semeadura em sistema intensificado no Brasil.....	266
5.3.4 Sistema ANTECIPE e Sistema Santa Fé - Exemplos de estratégias para a intensificação sustentável da produção de milho .....	269
5.3.4.1 Sistema ANTECIPE.....	269
5.3.4.2 Sistema Santa Fé ou consórcio milho e Brachiaria ....	272
<b>6. Potencial de Produtividade, Potencial de Produtividade Limitado pela Água e Lacunas de Produtividade em lavouras de milho .....</b>	<b>277</b>

6.1 Potencial e lacunas de produtividade de milho no mundo .....	282
6.2 Potencial de produtividade e potencial de produtividade limitado por água no Brasil .....	284
6.3 Lacunas de produtividade no Brasil .....	292
6.4 Potencial de produtividade e fatores de manejo que causam as lacunas de produtividade nas lavouras de milho do Rio Grande do Sul - estudo de caso .....	303
6.4.1 Caracterização da região de estudo .....	305
6.4.2 Potencial e lacuna de produtividade nos sistemas de produção	308
6.4.3 Fatores de manejo que causam as lacunas de produtividade: uma análise a partir de lavouras comerciais de milho do Rio Grande do Sul .....	318
6.5 Potencial de produtividade e fatores de manejo que causam as lacunas de produtividade nas lavouras de milho de Santa Catarina - estudo de caso	328
6.5.1 Caracterização da região de estudo.....	329
6.5.2 Potenciais e lacunas de produtividade de milho em Santa Catarina .....	331
6.5.3 Fatores de manejo que causam as lacunas de produtividade: uma análise a partir de lavouras comerciais de milho de Santa Catarina	338
6.6 Decomposição da lacuna de produtividade de milho no Sul do Brasil	349
<b>7. Bioinsumos .....</b>	<b>357</b>
<b>8. Os degraus de uma lavoura de milho lucrativa e sustentável.....</b>	<b>365</b>
<b>Considerações.....</b>	<b>375</b>

