

Departamento de Produção Vegetal



Gil Miguel de Sousa Câmara
Professor Associado

Plantas Oleaginosas

Cultura da Soja

FISIOLOGIA E ADUBAÇÃO NITROGENADA DA SOJA

GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

INTRODUÇÃO

FISIOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA SOJA

FISIOLOGIA DA NODULAÇÃO E FIXAÇÃO DO N₂ NA SOJA

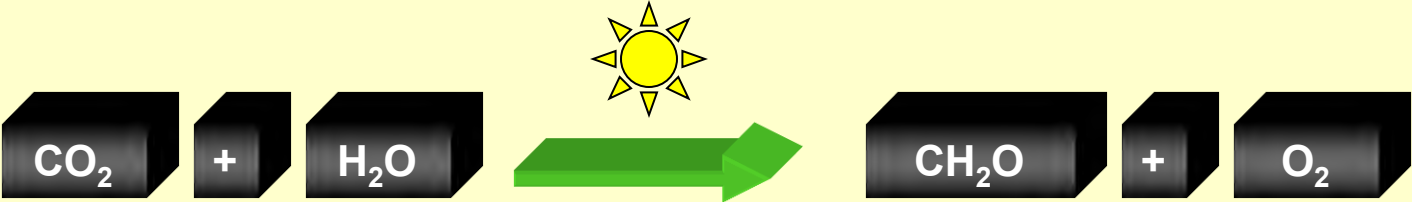
INOCULAÇÃO DAS SEMENTES DE SOJA

ADUBAÇÃO DA SOJA COM NITROGÊNIO MINERAL

CONSIDERAÇÕES FINAIS

LITERATURA CITADA

FOTOSSÍNTESE

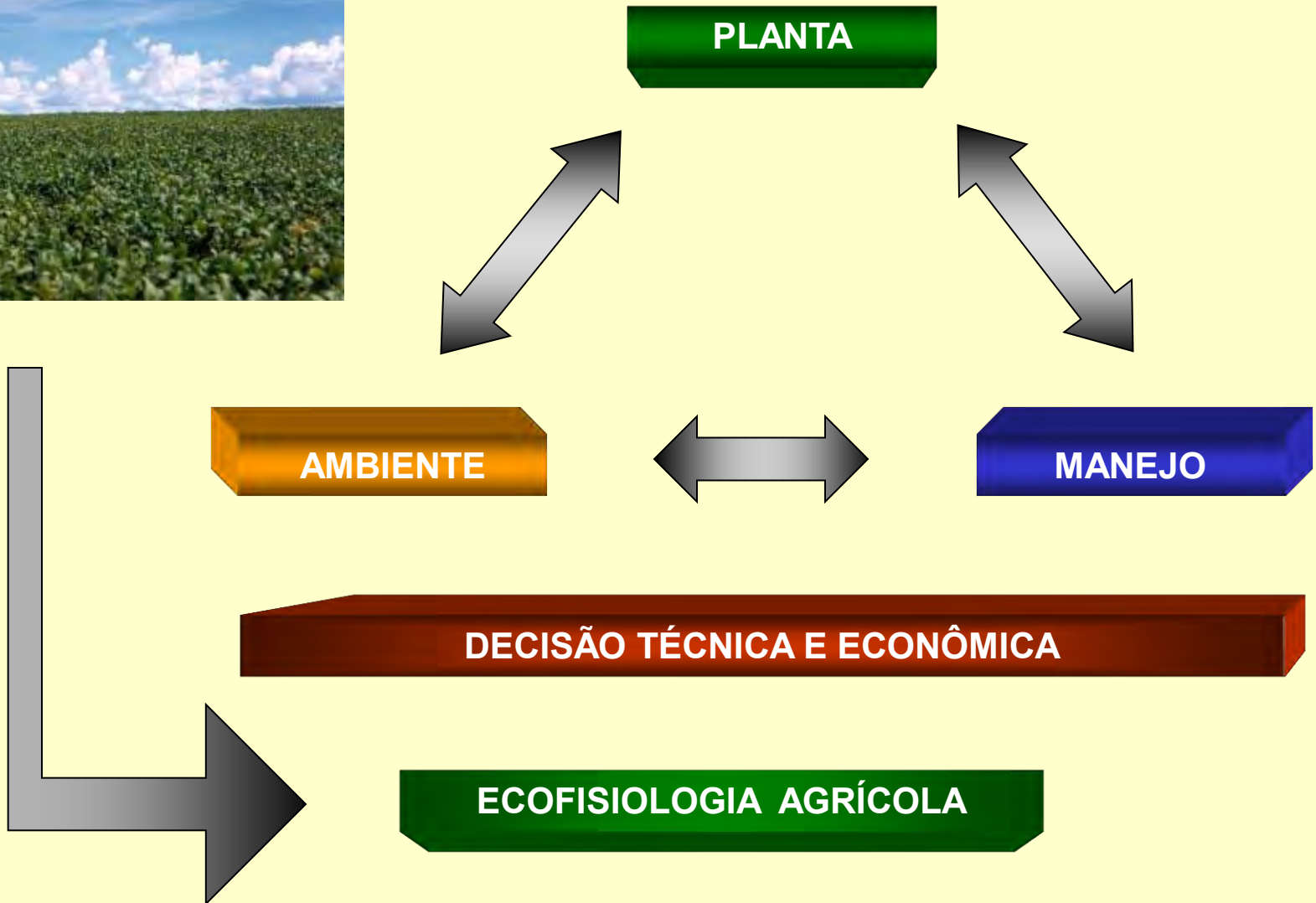


MATÉRIA ORGÂNICA VIVA



VIDA NO PLANETA !!!

AMBIENTE AGRÍCOLA E RENDIMENTO DA SOJA



A PLANTA

PARTE AÉREA

ANUAL - HERBÁCEA À SUB-LENHOSA

PORTE: 0,30 m a 1,80 m

COTILÉDONES - UNIFÓLIOS - TRIFÓLIOS

HASTE PRINCIPAL - RAMIFICADA OU NÃO

NÓS - INFLORESCÊNCIAS E INFRUTESCÊNCIAS

Hábitos de Crescimento: **Deter / Indeterminado**

30 a 80 Vagens / Planta - 60 a 240 Sem. / Planta

ÓLEO: 17 % a 22 %

PROTEÍNA: 38 % a 45 %

CARBOIDRATOS: 30 % a 35 %

RENDIMENTO: 1.500 a 4.200 kg/ha (25 a 70 sacos)



A PLANTA

RAÍZES



SISTEMA RADICULAR PIVOTANTE

PROFUNDIDADE: 0,15 m a 1,80 m

RAIZ PRINCIPAL E RAMIFICAÇÕES

INÍCIO: GERMINAÇÃO DA RADÍCULA

MÁXIMO CRESCIMENTO: R6

ATIVIDADE FISIOLÓGICA: R7

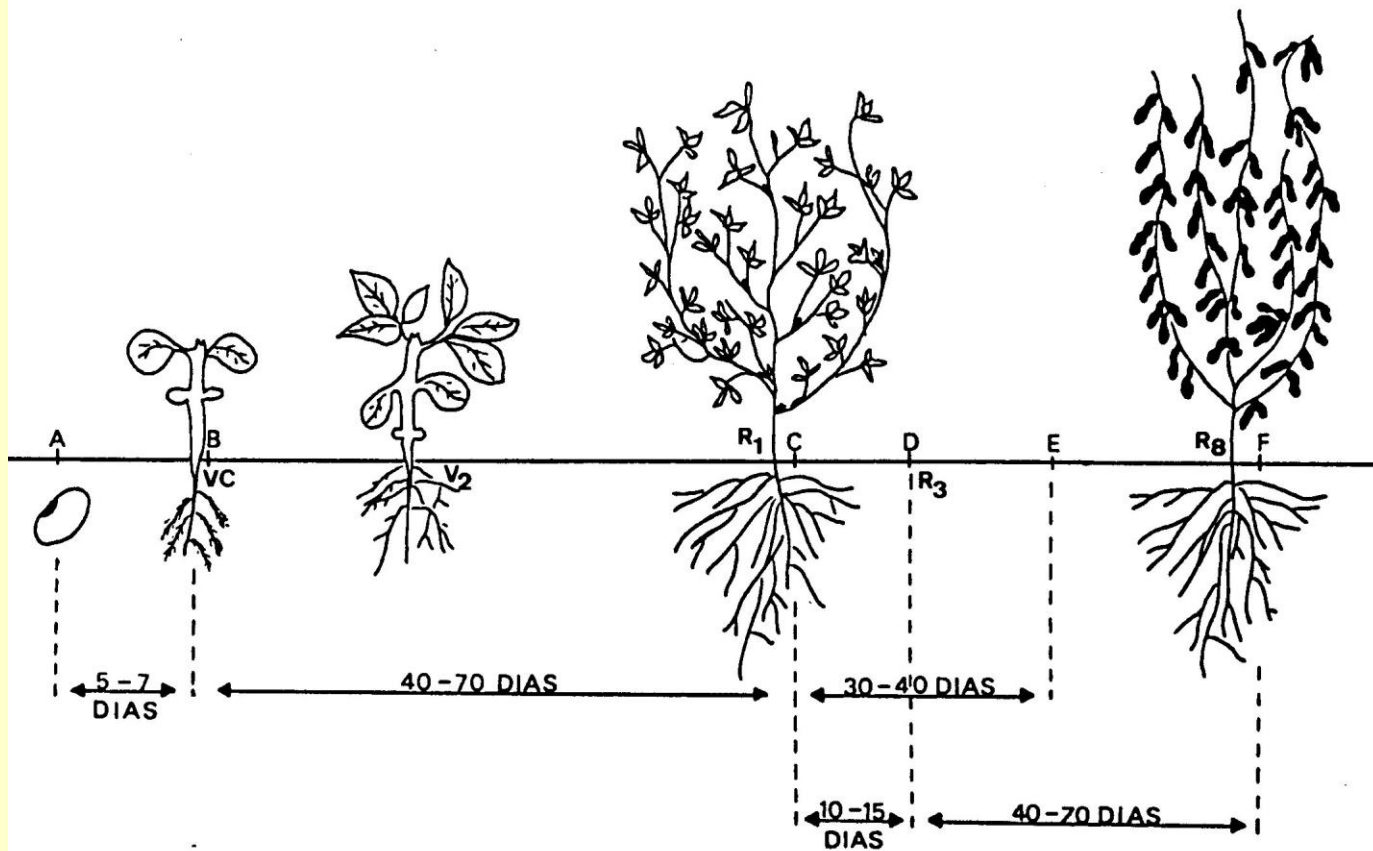


Fabácea ou Leguminosa : **Nodulação-Fixação N₂**

NODULAÇÃO: **Início = V1 a V2**

NÓDULOS: **Visíveis V2 a V3**

NODULAÇÃO MÁXIMA: **R2 a R6**



FENOLOGIA DA SOJA

ESTÁDIOS VEGETATIVOS DE VE A V_n

ESTÁDOS REPRODUTIVOS DE R₁ A R₈

PLANTA COM FISIOLÓGIA C₃ = 3-PGA

FOTORRESPIRAÇÃO

AMBIENTE AGRÍCOLA E RENDIMENTO DA SOJA

O AMBIENTE

CLIMA



RADIAÇÃO SOLAR E FOTOSSÍNTESE

FOTOPERÍODO E PRODUTIVIDADE

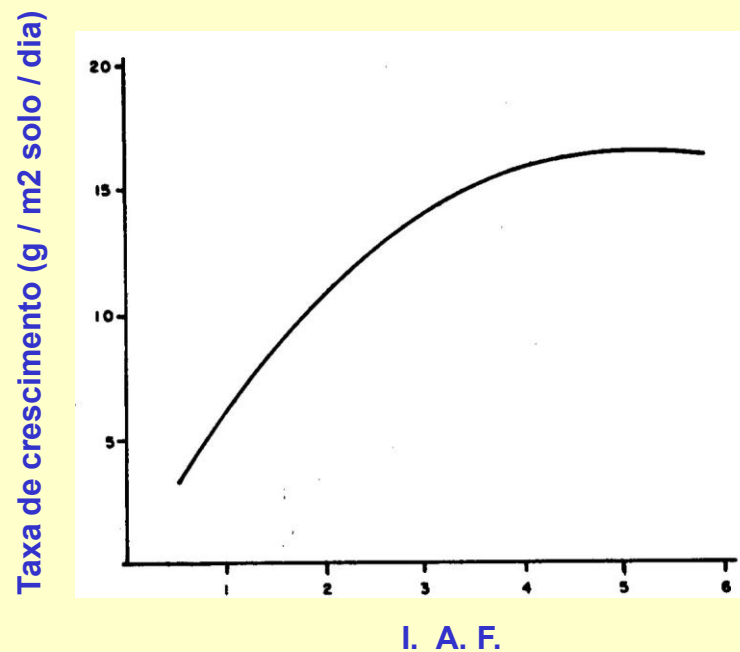
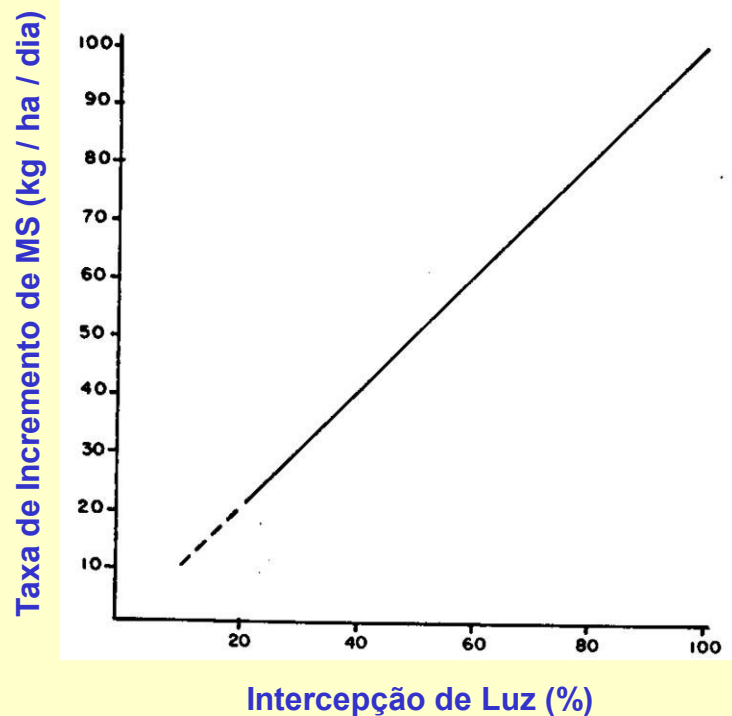
TEMPERATURA

UMIDADE

O AMBIENTE

CLIMA

RADIAÇÃO SOLAR E FOTOSSÍNTESE

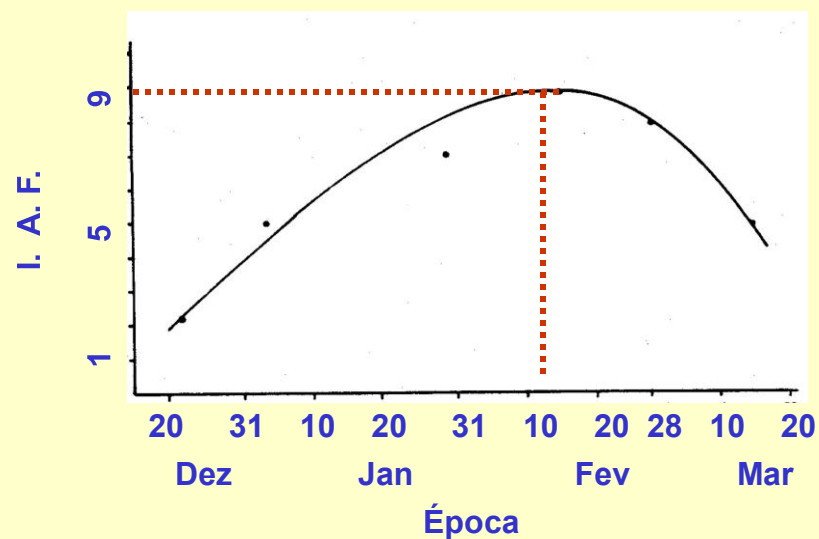
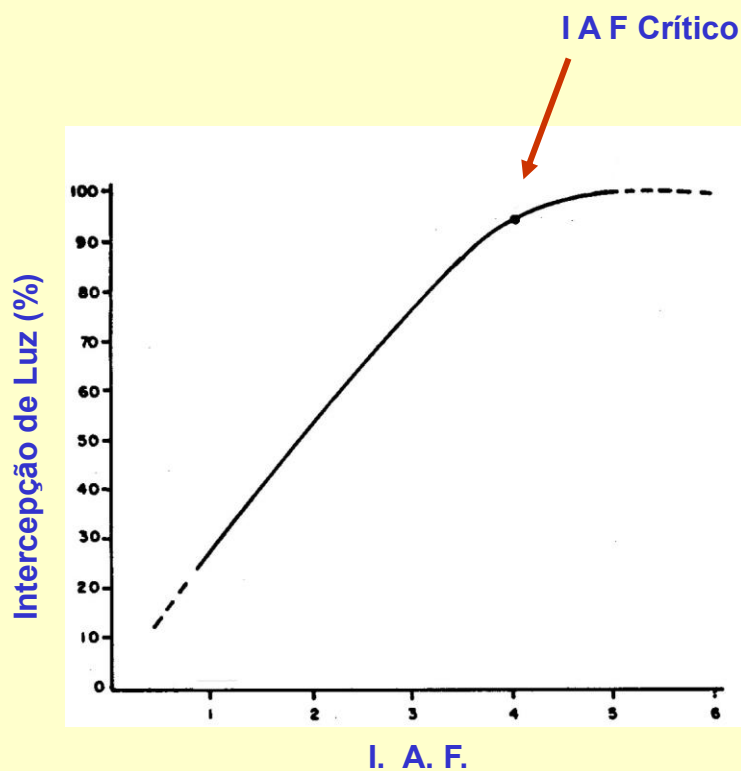


Müller (1981) In: Miyasaka & Medina (1981)

O AMBIENTE

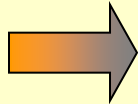
CLIMA

RADIAÇÃO SOLAR E FOTOSSÍNTESE

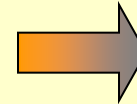


DEFICIÊNCIA DE LUZ E PRODUTIVIDADE DA SOJA

SOJA



Luz difusa
(próximo ao R1)



devido a:



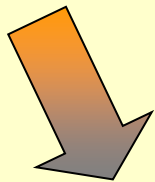
Chuva em excesso
Céu nublado
Insolação deficiente
Umidade Relativa alta
Evapotranspiração baixa

promove

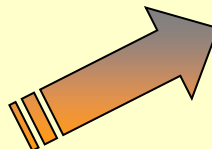


< O₂ nas raízes
< crescimento radicular
< absorção de nutrientes
< fixação CO₂
< absorção de Ca e B
< fixação do N₂

< formação de grão de pólen
< crescimento tubo polínico
< fecundação de flores
< pegamento de vagens
> nº de vagens chochas
> nº frutos partenocárpicos
> nº de sementes verdes
< produção



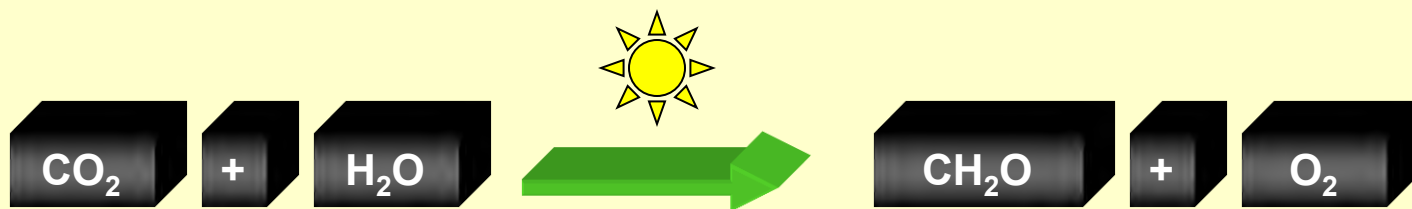
resulta em:



O AMBIENTE

CLIMA

RADIAÇÃO SOLAR E FOTOSSÍNTESE



ELONGAÇÃO DA HASTE PRINCIPAL

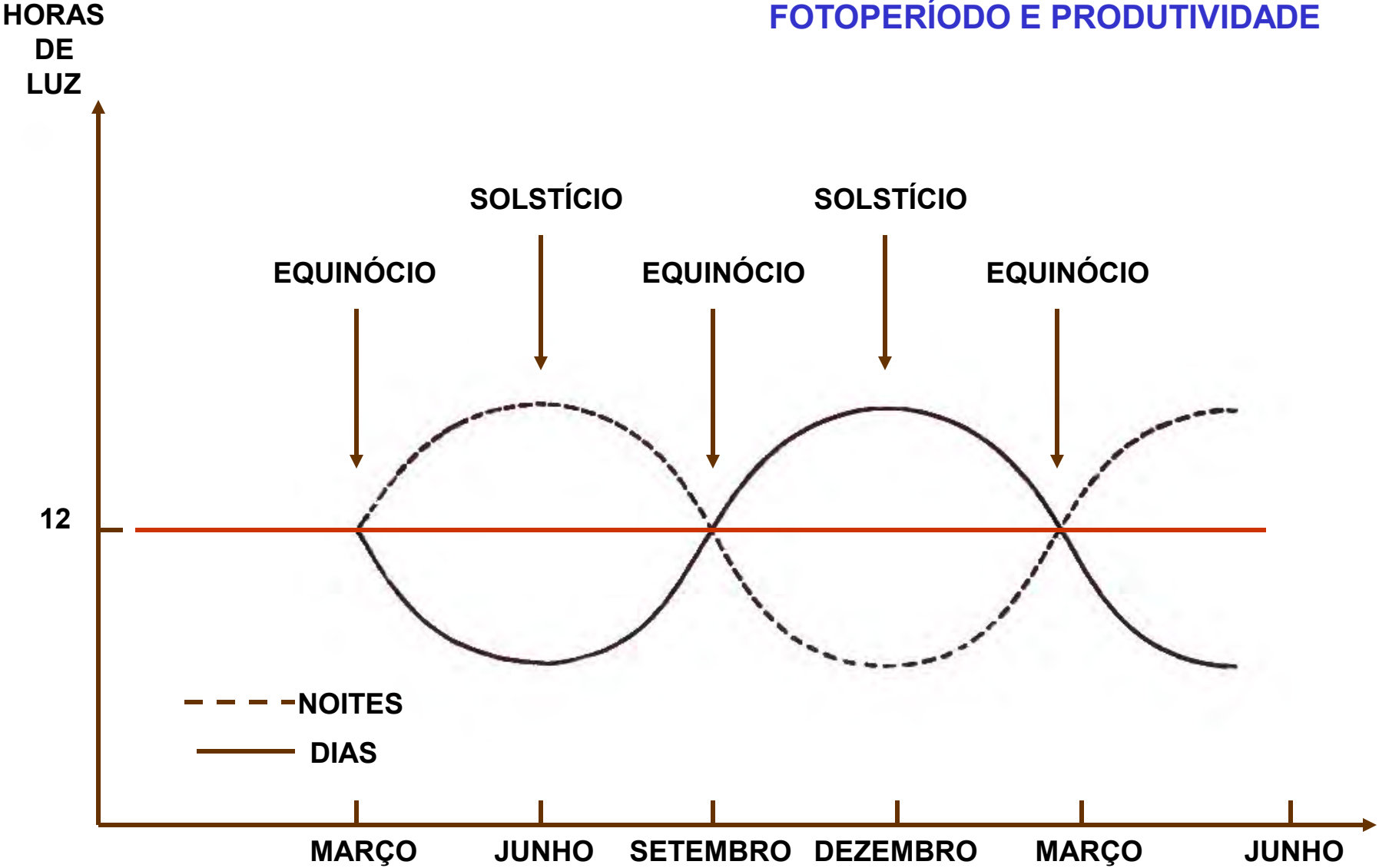
INTENSIDADE DE RAMIFICAÇÃO

EXPANSÃO FOLIAR

ABORTAMENTO FLORAL E DE VAGENS

NODULAÇÃO E FIXAÇÃO DO N_2

FOTOPERÍODO E PRODUTIVIDADE



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA VARIAÇÃO DA DURAÇÃO DOS DIAS E DAS NOITES NO HEMISFÉRIO SUL

SOJA



TEMPERATURA DO SOLO

10°C	Mínima para germinação-emergência
27°C	Ótima para nodulação das raízes
27°C	Ótima para fixação simbiótica do N ₂
30°C	Ótima para germinação-emergência
30°C	Ótima para alongamento do hipocótilo

TEMPERATURA DO AR

15°C	Basal
13°C	Mínima para indução floral
15°C	Mínima noturna
20°C	Ótima para maturação final
20°C	Mínima diurna
25°C	Ótima para florescimento
25°C	Ótima para frutificação
25°C	Ótima para granação
27°C	Ótima para atividade fotossintética
30°C	Ótima para desenvolvimento vegetativo
30°C	Ótima para assimilação de N, K e Zn
35°C	Máxima diurna



T°C

SOJA

TEMPERATURA ELEVADA

> 45°C

**Queimadura do hipocótilo
(solo desnudo e seco)
Tombamento da plântula**

**> 35°C
(ar)**

**Redução da fotossíntese
Aumento da fotorrespiração
Aumento da respiração
Redução da produção**

**> 30°C
(ar)**

**Redução no acúmulo de MS
> Abortamento de vagens
Antecipação do florescimento**



SOJA

TEMPERATURA BAIXA

< 10°C
(solo)

Atraso da emergência
> Risco de infecção da semente
com fungos

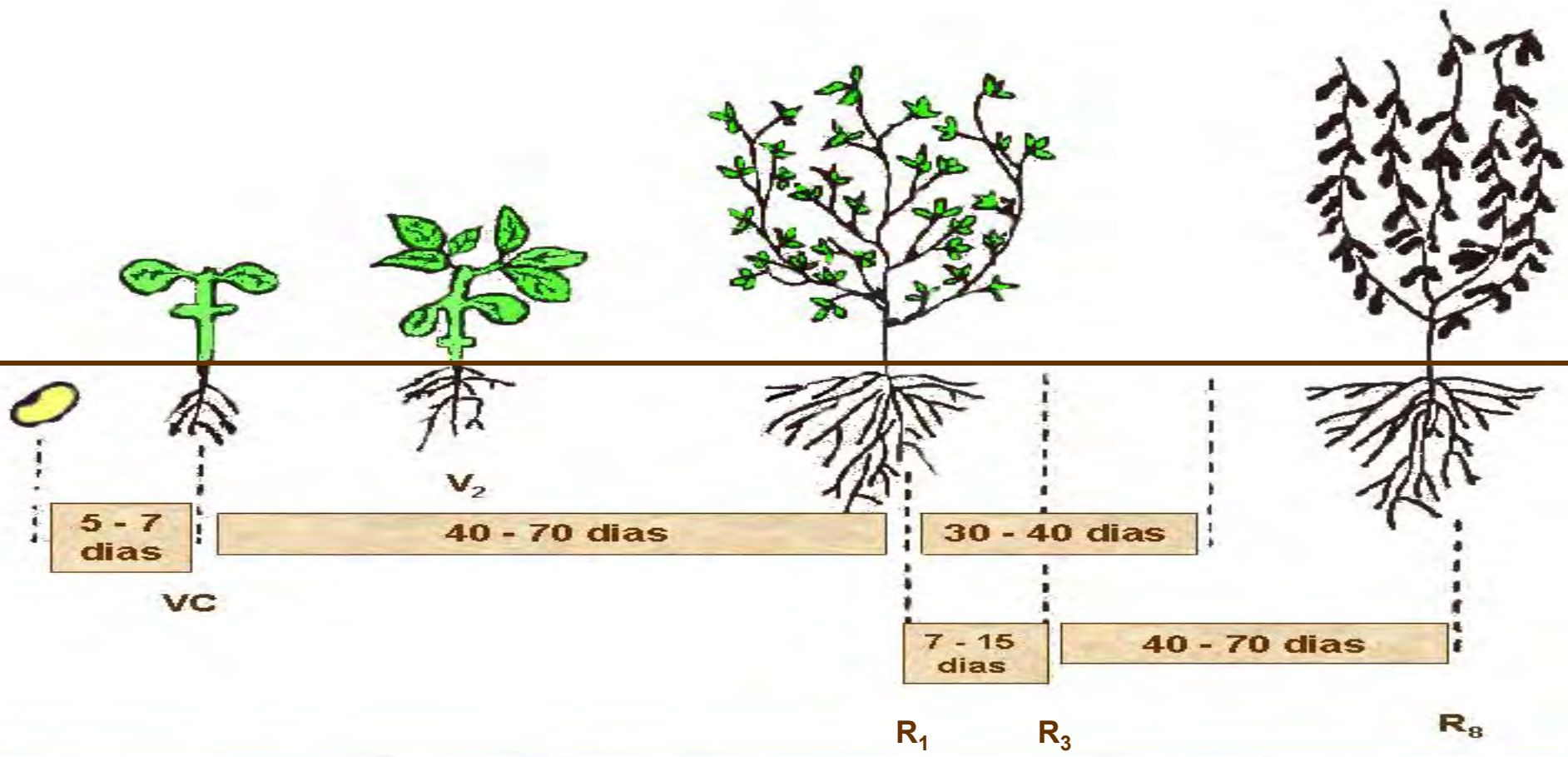
< 15°C
(ar)

Menor taxa de crescimento
(atraso na fase vegetativa)
Plantas mais baixas , menos
vigorosas e menos produtivas

< 20°C
(ar)

< Fecundidade de flores
> Abortamento de vagens

T°C



UMIDADE

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS MAIS SENSÍVEIS À:

EXCESSO

**GERMINAÇÃO-EMERG.
DESENV. VEGETATIVO**

- R1/R2
- R3/R4
- R5/R7
- R8

DEFICIÊNCIA

**GERMINAÇÃO-EMERG.
DESENV. VEGETATIVO**

- R1/R2
- R3/R4
- R5/R7

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA DIÁRIA NOS DIVERSOS SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS DA SOJA, CULTIVAR BRAGG, DURANTE O PERÍODO 1974/77 EM TAQUARI-RS (BERLATO & BERGAMASHI, 1978)

SUBPERÍODOS	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DIÁRIA (mm)
SEMEADURA - EMERGÊNCIA	2,2
VE - R1	5,1
R1 - R3	7,4
R3 - R7	6,6
R7 - R8	3,7
MÉDIA DO CICLO	5,8

580 a 650 kg H₂O / kg MS

O MANEJO DO AMBIENTE AGRÍCOLA PARA A SOJA



Época de Semeadura !!!

Manejo Varietal e Populacional

Correção da Fertilidade do Solo

Tratamento e Inoculação da Sementes

Semeadura-Adubação de Base

Proteção Vegetal

Manejo da Área Agrícola

- Plantio Direto**
- Preparo Mínimo**
- Preparo Convencional**



**C
O
L
H
E
I
T
A**

NITROGÊNIO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

Macronutriente de > [] nas folhas

Intenso acúmulo até R3/R4

N folhas → Translocação → Vagens em R5

Auge de absorção = R2 a R5

Fonte primária: atmosfera (78% de N₂) “ar do solo”



Formas absorvidas: NO₃⁻ e NH₄⁺

NO₃⁻ : aminização → amonificação → nitrificação f (↑T°C, ↑P, ↑pH)

NH₄⁺: Fertilizantes; Fixação Simbiótica



N na Planta: 85% - Proteínas (Sementes de Soja)

10% - Ácidos Maleícos

5% - Aminos solúveis

- Integrante da molécula de clorofila
- Pegamento de flores
- Aumento do número de vagens
- Aumenta retenção de vagens
- Síntese de proteínas
- Aumenta rendimento

DEFICIÊNCIA: • Início: folhas + velhas amarelas

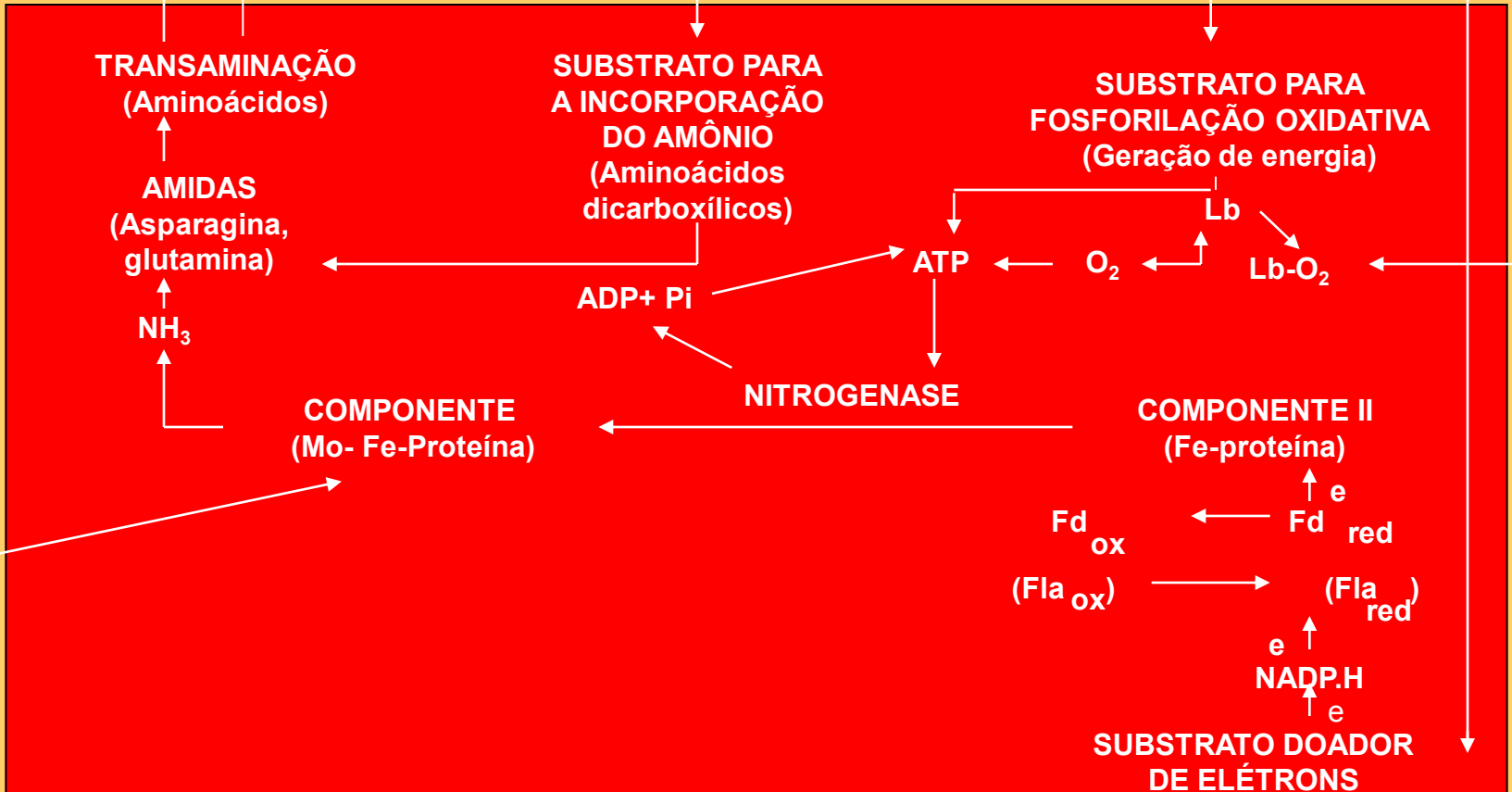
• Depois: folhas + jovens amarelas

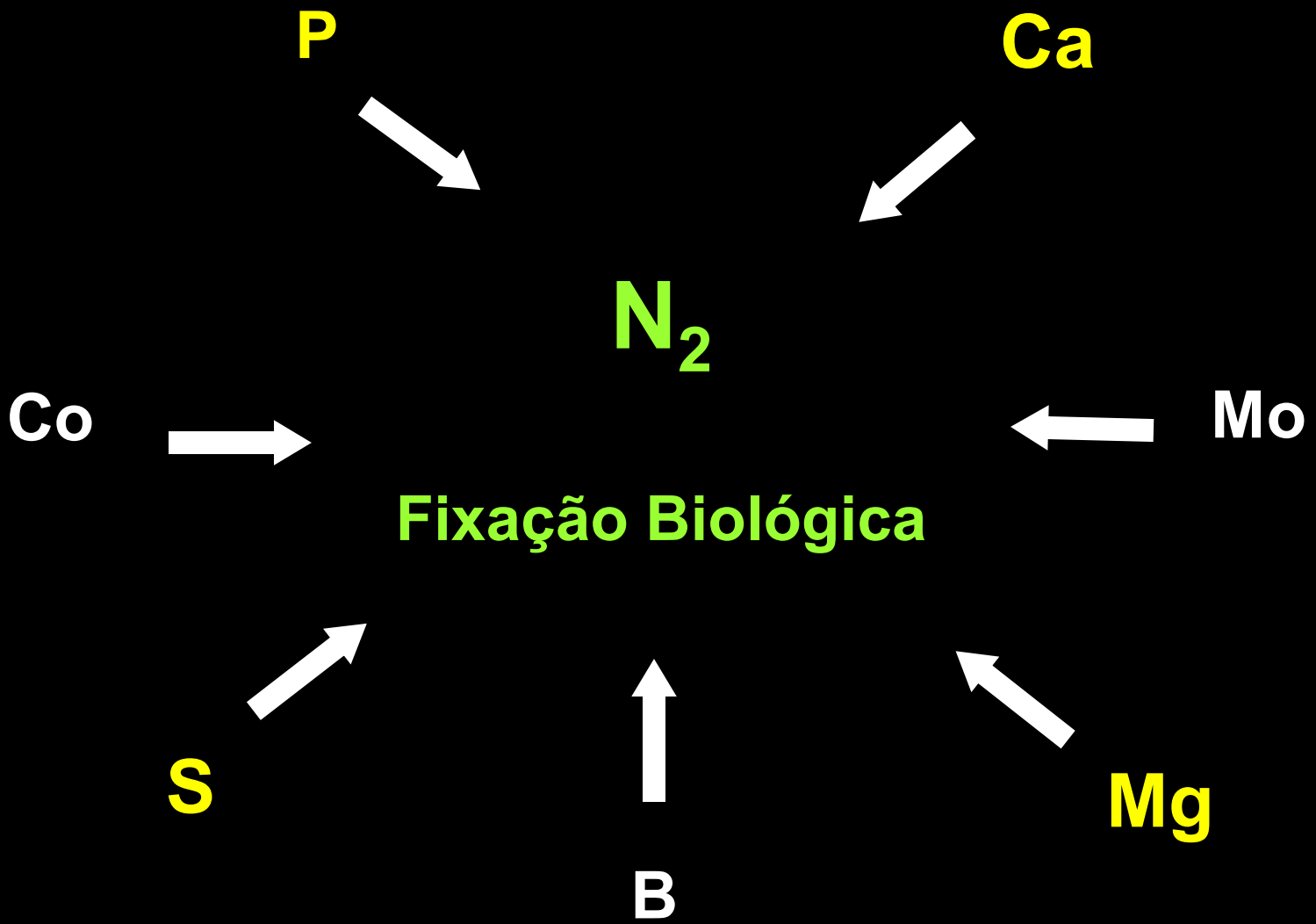
• Folhas menores e caule + fino

• Plantas menores

Exportação: 60 a 80 kg N / 1000 kg de sementes

PARTE AÉREA





Glycine max x *Bradyrhizobium japonicum*



Glycine max x *Bradyrhizobium elkanii*

Conceito de Inoculação: operação agrícola (manual ou mecanizada) que visa permitir o contato físico entre a planta de soja (**SEMENTE**) e a bactéria fixadora (**INOCULANTE**) do N₂ atmosférico.

Procedimento operacional

- **Ambiente e Equipamentos de Inoculação.**
- **Dosagens (g ou ml de inoculante/saco sementes.**

Área com Histórico	Área sem Histórico
Inoculação de <u>Manutenção</u> Dose = 400-500 g/sc 300 ml de solução Solução açucarada = 10-25%	Inoculação <u>Corretiva</u> Dose = 600-1000 g/sc 300 ml de solução Solução açucarada





- **Tipos de Inoculante**
 - TURFOSO
 - LÍQUIDO
 - PÓ MOLHÁVEL
- **Produção Industrial de Inoculante**

- **Especificações Obrigatórias ao Produto Comercial:**

- Identificação das estirpes (SEMIA: 5079, 5080, 5019 e 587)
- Concentração bacteriana: $1,0 \times 10^8$ células bacterianas / g ou ml
- Prazo de Validade
- Número do Registro no Ministério da Agricultura

Identificadores da Boa Nodulação e Boa Fixação

- **EXTERNAMENTE:**

- Nódulos rugosos
- Tamanho variando entre 3 e 8 mm
- Número variável de nódulos

Obs.: o tamanho é inversamente proporcional ao número.

- **INTERNAMENTE:**

- Coloração rósea-avermelhada (leghemoglobina).

- **ÍNDICES FISIOLÓGICOS:**

- Massa seca de Nódulos
- Redução de acetileno

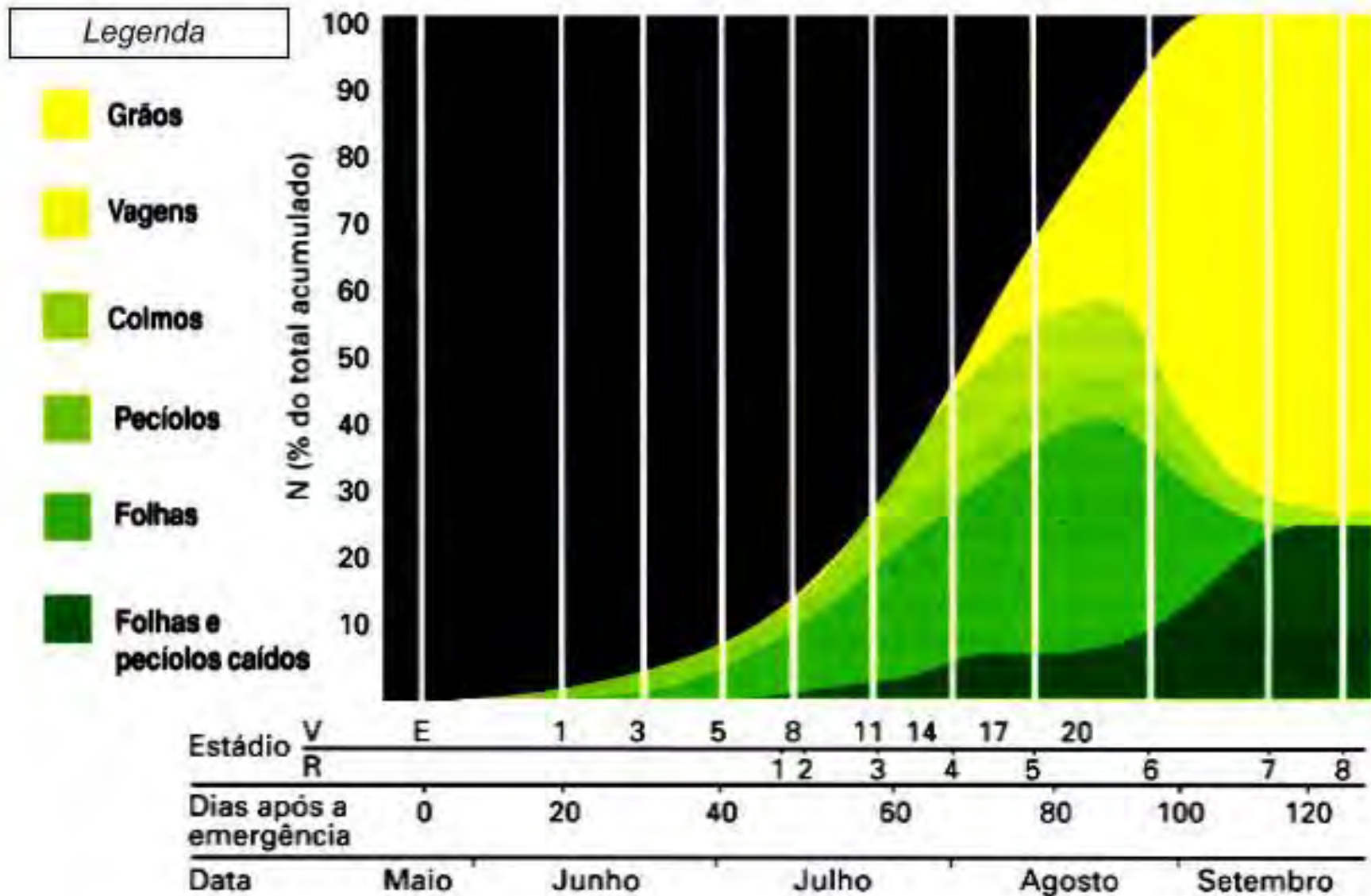
Fenologia X Nodulação



NÚMERO DE NÓDULOS/RAIZ DE SOJA Cv. IAC-8, EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS CULTIVADA EM TERRA ROXA ESTRUTURADA (Câmara et al.,1988)

ESTÁDIO	D.A.E.¹	Experimento I	D.A.E.¹	Experimento II
V₇	34	6,5	35	1,8
V₁₆ / R₂	70	8,5	74	4,1
V₁₆ / R₆	116	65,0	126	111,0

¹DAE = Dias Após Emergência



Acúmulo total de nitrogênio em diferentes partes da planta de soja.

Fatores que interferem na Eficiência da Nodulação e Fixação de N



INDÚSTRIA IDÔNEA

TRANSPORTE

ARMAZENAMENTO

**AMBIENTE E PROCEDIMENTO
OPERACIONAL**

**PRODUTOS ENVOLVIDOS NO TRATAMENTO
DAS SEMENTES**

AMBIENTE DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

- TEMPERATURA (semeadura no pó)
- FERTILIDADE DO SOLO
- USO DE N mineral

EFEITO DA TEMPERATURA NA PRODUTIVIDADE E CONTEÚDO DE NITROGÊNIO EM SOJA (Gukova, 1960, citado por DE MODEY et al, 1973)

	NÃO INOCULADA			INOCULADA		
	19°C	24°C	32°C	19°C	24°C	32°C
PRODUÇÃO DE GRÃOS (g/recipiente)	7,7	9,5	10,2	14,9	16,7	11,5
PRODUÇÃO DE MAT. SECA (g/recipiente)	30,2	32,0	36,3	32,8	36,0	24,0
N na SEMENTE (mg/recipiente)	209,0	233,0	259,0	557,0	757,0	486,0
N na PLANTA (mg/recipiente)	403,0	424,0	482,0	863,0	1060,0	708,0

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA INOCULAÇÃO SOBRE O RENDIMENTO (kg/ha) DE SOJA, EM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE CALAGEM, FEITA COM CALCÁRIO DOLOMÍTICO EM UM LATOSSOLO ROXO (Mascarenhas et al, 1967)

TRATAMENTOS ¹	CALAGEM (2,5ton./ha)	
	SEM	COM
P + K	819	1563
P + K + INOCULANTE	1507	2431
P + K + 30 kg de N/ha	1264	2049
P + K + 60 kg de N/ha	1257	1889
P + K + 30 kg de N/ha + INOCULANTE	1118	1840

¹FONTES de NUTRIENTES: N = Sulfato de Amônio; P = Superfosfato Simples (100kgP₂O₅/ha); K = Cloreto de Potássio (40 kg K₂O/ha)

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA INOCULAÇÃO SOBRE O NÚMERO E A MASSA DE NÓDULOS, O CONTEÚDO DE NITROGÊNIO NO TECIDO DA PLANTA E NOS GRÃOS E SOBRE O RENDIMENTO (kg/ha) DE SOJA, CV. BRAGG LONDRINA - PR (EMBRAPA/CNPSo, 1981)

TRATAMENTOS	NÓDULOS ¹		NITROGÊNIO ²		REND. ³
	Nº	MS (mg)	Tecido (g)	Área (kg/ha)	Kg/ha
SEM INOCULAÇÃO	175	640	2,33	112,4	1974
COM INOCULAÇÃO	206	780	2,41	128,3	2252
INOC. + 10 kg de N /ha	153	600	3,34	124,3	2180
INOC. + 20 kg de N /ha	149	540	2,02	123,9	2175
INOC. + 40 kg de N /ha	159	460	2,12	122,0	2172
C.V. (%)	12,9	23,1	11,6	11,8	10,2

¹Nódulos em 10 plantas; MS = Matéria Seca; ²Nitrogênio em 10 plantas; ³Rendimento = kg de grãos/ha

MASSA SECA DE NÓDULOS (mg) DETERMINADA NOS ESTÁDIOS REPRODUTIVOS R₂ E R₅ DE PLANTAS DE SOJA, Cv. IAC-8, SUBMETIDAS A DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO, CULTIVADAS EM TERRA ROXA ESTRUTURADA SEM E COM HISTÓRICO DE SOJA INOCULADA (Jendiroba & Câmara, 1994)

FONTES DE N	SEM HISTÓRICO		COM HISTÓRICO	
	R ₂	R ₅	R ₂	R ₅
SEM NITROGÊNIO	17 b	38 b	701a	745a
URÉIA	1 b	92 b	244a	642a
SULFATO DE AMÔNIO	3 b	10 b	462a	1052a
INOCULANTE EMULSÃO	10 b	173 b	532a	518a
INOC. ÓLEO VEGETAL	7 b	54 b	586a	1096a
INOC. ÓLEO MINERAL	6 b	48 b	565a	844a
INOC. TURFOSO IAC	327a	3653a	562a	1167a
INOC. TURFOSO NITRAL	46 b	3392a	641a	665a
MÉDIA	51,9	932,9	536,9	812,7

NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (V/P) E DE SEMENTES POR PLANTA (S/P), EM PLANTAS DE SOJA, Cv. IAC-8, SUBMETIDAS A DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO, CULTIVADAS EM TERRA ROXA ESTRUTURADA SEM E COM HISTÓRICO DE SOJA INOCULADA (Jendiroba & Câmara, 1994)

FONTES DE N	SEM HISTÓRICO		COM HISTÓRICO	
	V/P	S/P	V/P	S/P
SEM NITROGÊNIO	21,5 c	40,6 c	34,7 a	69,6 a
URÉIA	31,4 ab	58,4 ab	42,4 a	81,9 a
SULFATO DE AMÔNIO	33,7 a	62,0 a	38,1 a	71,9 a
INOCULANTE EMULSÃO	25,2 abc	48,7 abc	43,9 a	84,5 a
INOC. ÓLEO VEGETAL	23,0 bc	45,0 bc	43,9 a	86,5 a
INOC. ÓLEO MINERAL	26,0 abc	51,4 abc	39,5 a	76,7 a
INOC. TURFOSO IAC	30,1 ab	59,2 ab	36,9 a	69,4 a
INOC. TURFOSO NITRAL	31,3 ab	61,9 a	46,3 a	87,5 a
MÉDIA	27,8	53,4	40,7	78,5

MASSA DE 1000 GRÃOS (g) E RENDIMENTO (kg/ha) DE SOJA, Cv. IAC-8, SUBMETIDAS A DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO, CULTIVADAS EM TERRA ROXA ESTRUTURADA SEM E COM HISTÓRICO DE SOJA INOCULADA (Jendiroba & Câmara, 1994)

FONTES DE N	SEM HISTÓRICO		COM HISTÓRICO	
	1000 grãos	Rend.	1000 grãos	Rend.
SEM NITROGÊNIO	156,7 abc	1827,6bc	169,1 a	3351,2 a
URÉIA	149,3 c	2065,6bc	174,2 a	3009,0 a
SULFATO DE AMÔNIO	150,1 c	2159,0ab	173,3 a	2812,0 a
INOCULANTE EMULSÃO	150,9 c	1733,4 c	177,3 a	3061,6 a
INOC. ÓLEO VEGETAL	151,8 bc	1913,0bc	179,3 a	3101,0 a
INOC. ÓLEO MINERAL	151,1 bc	1847,4 b	171,9 a	2763,6 a
INOC. TURFOSO IAC	169,6 ab	2505,2a	171,6 a	2738,4 a
INOC. TURFOSO NITRAL	174,3 a	2506,6 a	175,3 a	3000,2 a
MÉDIA	156,7	2069,7	174,9	2979,8

SEED OIL AND CRUDE PROTEIN CONTENTS (DRY MATTER BASIS) AND SOYBEAN YIELDS FROM DIFFERENT FIELD NITROGEN FERTILIZATION TREATMENTS: MINERAL IN BIOLOGICAL SOURCES (Regitano D'Arce et al.,1995)

TREATMENTS	OIL (%)	PROTEIN (%)	YIELD (kg.ha⁻¹)
CONTROL	23,5 abc	38,6 abc	1827,6 bc
Ammonium Sulphate	23,6 abc	37,6 abc	2159,0 ab
Urea	24,0 ab	37,5 abc	2065,6 bc
Inoculant Emulsion	24,4 a	38,0 abc	1733,4 c
Inoc.. Vegeatable Oil	23,2 abc	36,9 bc	1913,0 bc
Inoc. Mineral Oil	22,3 bc	35,1 c	1847,4 bc
P1	22,1 c	39,9 ab	2505,2 a
P2	22,1 c	41,9 a	2506,6 a
C.V. (%)	2,2	3,3	9,1

SEED CONDUCTIVITY (umhos/g/cm) AND ACC. AGING (%) AFTER EIGHT MONTHS OF STORAGE AS INFLUENCED BY NITROGEN SOURCES AND HISTORY OF THE AREA (Marcos Filho, 1994)

TREATMENTS	WITHOUT HISTORY		WITH HISTORY	
	Conductivity	Acc.Aging	Conductivity	Acc.Aging
CONTROL	60,3 AB	64 BCb	49,0 Aa	91 Aa
Urea	61,3 ABb	60 Cb	52,4 Aa	86 Aa
Ammonium Sulphate	59,7 ABa	55 Db	53,4 Aa	83 Aa
P1	53,6 Aa	85 Aa	53,1 Aa	82 Aa
P2	50,0 Aa	83 Aa	54,2 Aa	84 Aa
Inoc. Mineral Oil	61,4 ABb	56 Db	52,2 Aa	84 Aa
Inoc. Vegeatable Oil	65,9 Bb	58 CDb	52,2 Aa	83 Aa
Inoculant Emulsion	66,2 Bb	48 Db	50,3 Aa	88 Aa
MEAN	59,8	64	52,1	85

Refere-se a adição, por ocasião da semeadura da soja, de pequenas quantidades (8 a 12 kg N / ha), para auxiliar a soja em sua nutrição inicial; isto devido ao pequeno amarelecimento da soja em virtude da infecção do *Bradyrhizobium japonicum*.

OBJETIVOS



Exemplo:

População inicial: 400 mil plantas/ha **Espaçamento: 0,50 m**

20 plantas/m

Aplicação de 10 kg N / ha = 500 mg N / m

12,5 mg N mineral / planta

N Mineral Total na Cultura

Exemplo:

Produção esperada: 3.000 kg/ha

Área: 1.000 ha

- **INOCULANTE:** 200 g inoculante / saco de semente
80 kg semente / ha → 400 g inoculante / ha
1 dose de inoculante = US\$ 1,00 → US\$ 2,00/ha
- **N MINERAL:** 60 a 80 kg N / t de soja produzida → 210 kg N / ha
Uréia (45% N) = US\$ 0,34/kg N → US\$ 75,00/ha
Sulfato de Amônio (20% N) = US\$ 0,49/kg N → US\$ 108,00/ha

Custos:

- Inoculante US\$ 2.000,00 / 1000 ha
- Uréia US\$ 75.000,00 / 1000 ha
- Sulfato de Amônio US\$ 108.000,00 / ha

Condições Especiais para Uso de N mineral

- a) Constatação de DEFICIÊNCIA DE N antes do estágio R₁
- b) Soja de Inverno (Semente)
- c) Sistemas de PLANTIO DIRETO com ELEVADA relação C / N ?
- d) Pastagens degradadas ?
- e) Adubação de Sistemas de Produção ?
- f) Adubação para Terminação de Proteína ?

? TEMAS ATUAIS QUE DEMANDAM MAIOR ATIVIDADE DE PESQUISA.

Considerações Finais

PARA ATINGIR A ALTA PRODUTIVIDADE É PRECISO:

CONHECER A PLANTA E O AMBIENTE (HISTÓRICO !!!)

TRABALHAR COM BOA SEMENTE E CULTIVAR ADAPTADO

APLICAR A ESTRATÉGIA DE MANEJO MAIS ADEQUADA (TÉCNICA + \$)

EVITAR OU DIMINUIR O IMEDIATISMO

PROCURAR A ORIENTAÇÃO TÉCNICA IDÔNEA E CORRETA