FORMAÇÃO DA SEMENTE DE ANGIOSPERMAS

Julio Marcos Filho // Francisco G. Gomes-Junior
Tecnologia de Sementes
Depto. Produção Vegetal – USP/ESALQ

MULTIPLICAÇÃO DE PLANTAS

REPRODUÇÃO ➔ VIA SEXUADA: SEMENTES

Produção de um novo organismo, com intervenção de células ou núcleos sexuais (gametas) ➔ há renovação do indivíduo

PROPAGAÇÃO ➔ VIA ASSEXUADA

Produção de organismo originado de partes vegetativas, células ou tecidos da planta, com capacidade de regeneração ➔ manutenção de clones

REINO VEGETAL : ± 350.000 espécies descritas
± 250.000 multiplicadas por sementes

2

MULTIPLICAÇÃO DE PLANTAS

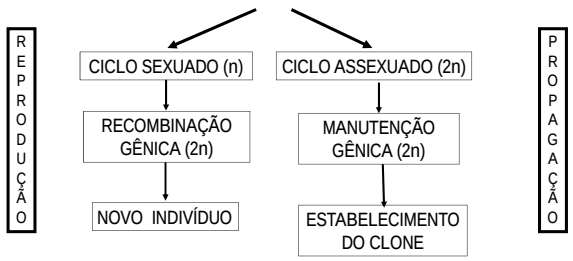
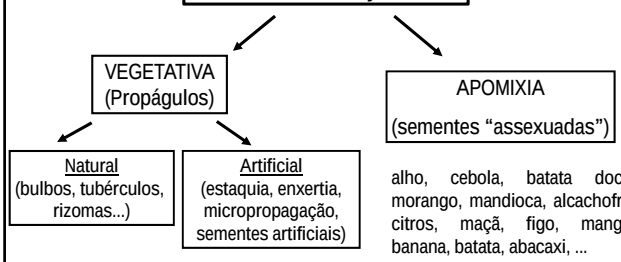


Diagrama ilustrativo das formas de multiplicação dos vegetais (Scarpare-Filho e Almeida, 2002)

3

PROPAGAÇÃO



alho, cebola, batata doce, morango, mandioca, alcachofra, citros, maçã, figo, manga, banana, batata, abacaxi, ...

Propágulo: parte da planta utilizada para propagação

4

PROPAGAÇÃO

RELAÇÕES COM MULTIPLICAÇÃO SEXUADA

- VOLUME DE MATERIAL ➔ manejo, transporte, alto custo
- MANEJO PARA INSTALAÇÃO DA LAVOURA ➔ mecanização
- CUSTO E TRABALHO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS
- ARMAZENAMENTO
- MENOR VARIABILIDADE GENÉTICA DOS DESCENDENTES
  Adaptação ao ambiente; condições desfavoráveis
- DEGENERESCÊNCIA
- CUSTO DO MATERIAL EM RELAÇÃO AO DAS SEMENTES
- MELHORAMENTO GENÉTICO TRADICIONAL

5

PROPAGAÇÃO

USOS

- ESPÉCIE NÃO PRODUZ SEMENTES: alho, abacaxi, banana
- EXIGÊNCIA DE CONDIÇÕES ESPECIAIS PARA A PRODUÇÃO DE SEMENTES: mandioca, batata, cana-de-açúcar
- CONSTITUIÇÃO GENÉTICA HETEROZIGÓTICA: taxa elevada de segregação na multiplicação sexuada
- PERÍODO E UNIFORMIDADE PARA A FORMAÇÃO DA LAVOURA: cana-de-açúcar, café, cebola, frutíferas
- UNIFORMIDADE E FIDELIDADE AO GENÓTIPO
- SEMENTES COM BAIXA LONGEVIDADE

6

FORMAÇÃO DA SEMENTE

O desenvolvimento de plantas resulta da atividade de gemas, constituídas por tecidos meristemáticos

MERISTEMAS:

Tecidos vivos, ainda não diferenciados, que se multiplicam por divisões mitóticas, formando novos tecidos que dão origem a partes específicas da planta

São sinônimos de tecidos embrionários e constituem primórdios vegetativos (raiz, caule, folhas) ou reprodutivos (órgãos florais)

7

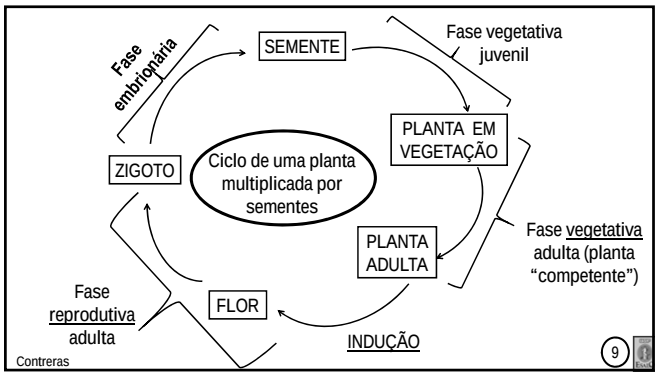
FORMAÇÃO DA SEMENTE

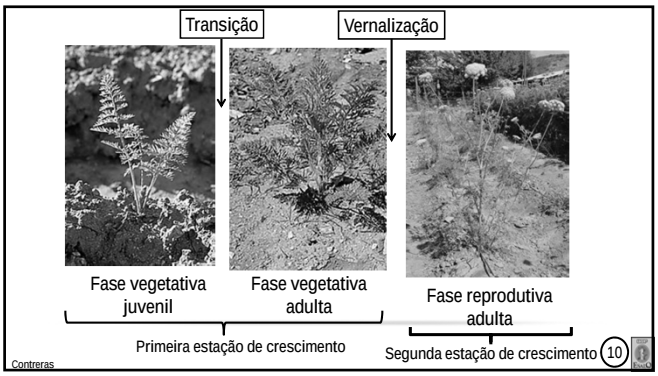
REPRODUÇÃO: transição da fase vegetativa para a reprodutiva, com alteração na atividade de gemas e percepção de estímulos do ambiente

MERISTEMAS: RECEPTORES DO (s) ESTÍMULO (s) AMBIENTAL (is)

FLORESCIMENTO: INÍCIO DA FASE DO CICLO DE VIDA VEGETAL QUE CULMINA COM A FORMAÇÃO DA SEMENTE

7A





FLORESCIMENTO

INDUÇÃO FLORAL

Alteração fisiológica que permite o desenvolvimento de primórdios reprodutivos, sob o estímulo de fatores ambientais. Marca a passagem da fase vegetativa (planta "competente") para a reprodutiva

- Água
- Fotoperíodo

11

Fotoperíodo: soja

Indução fotoperiódica: estímulo ambiental que irá produzir um efeito (florescimento)

Soja é planta de dias curtos (PDC)

Floresce em dias menores que um certo limite (FOTOPERÍODO CRÍTICO "N")

Mais que "N" h luz/dia: não floresce

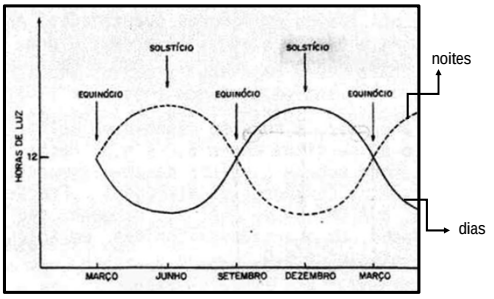
Exemplo: "N" h (luz/dia)

Menos que "N" h luz/dia: floresce

Recepção do estímulo: folha

Estimulo ao florescimento: a partir da 5ª folha trifoliada

12



Representação esquemática da variação da duração dos dias e das noites no hemisfério sul

12A

FLORESCIMENTO

INDUÇÃO FLORAL

Alteração fisiológica que permite o desenvolvimento de primórdios reprodutivos, sob o estímulo de fatores ambientais

- Agentes químicos: fitohormônios (giberelinas, auxinas, citocininas, etileno, acetileno)

- Temperatura: unidades térmicas, temperaturas amenas, vernalização

13

CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS QUANTO AO CICLO

- Plantas anuais: ciclo em uma estação de crescimento: grandes culturas

- Plantas bienais: ciclo em duas estações de crescimento (vegetativa e reprodutiva): cebola, cenoura, repolho, couve-flor

- Plantas perenes: vivem mais de dois anos; repetem várias vezes (geralmente a cada ano) o ciclo vegetativo e o reprodutivo, a partir da época em que superam o período juvenil: citros, outras frutíferas, café, cacau, seringueira, ...

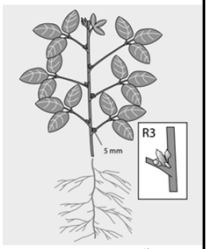
14

FLORESCIMENTO

INICIAÇÃO FLORAL

Expressão morfológica do estado induzido, que ocorre em tecidos meristemáticos localizados em gemas

FLORES



15

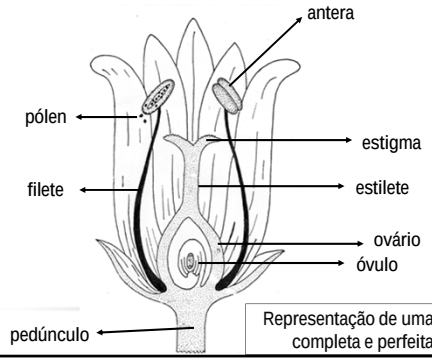
FLORESCIMENTO

FLORES

- Tipos quanto às partes

  Completa x Incompleta

16



Representação de uma flor completa e perfeita

17

FLORES

- Tipos quanto ao sexo

Hermafrodita (perfeita)

Unissexuada (imperfeita)

Flores imperfeitas ou unissexuadas

Contreras

18

FLORES

- Planta quanto ao sexo

  Hermafrodita

  Unissexuada

  Monoica: milho, pepino, abóbora

  Dioica: mamão, tâmara, abacate

  Androica

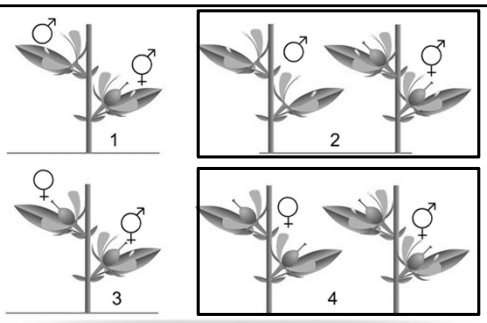
  Ginoica

  Andromonoica: flores hermafroditas e masculinas na mesma planta

  Ginomonoica: flores hermafroditas e femininas na mesma planta

20

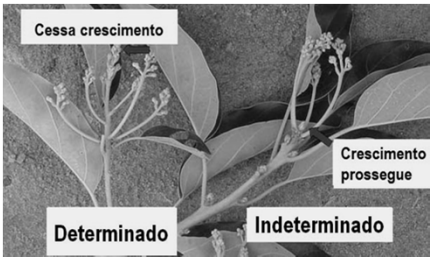
19



1. Andromonoica 2. Androdioica 3. Ginomonoica 4. Ginodioica

20

HÁBITOS DE CRESCIMENTO

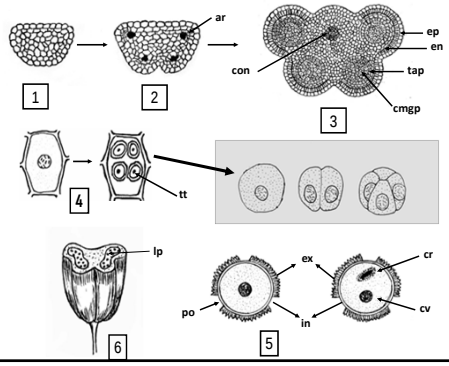


Inflorescências de plantas de hábitos de crescimento determinado e indeterminado

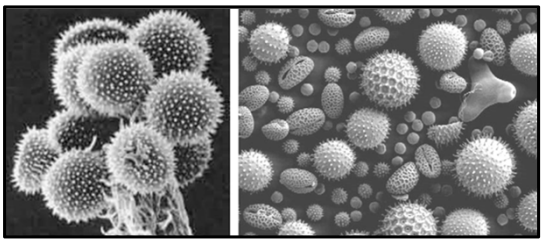
23

FORMAÇÃO DO GRÃO DE PÓLEN
(microsporogênese)

24



25



Tipos de grãos de pólen

26

MICROSPOROGÊNESE

GRÃO DE PÓLEN

Superfície da Exina: importância

Porosidade

Esporolenina

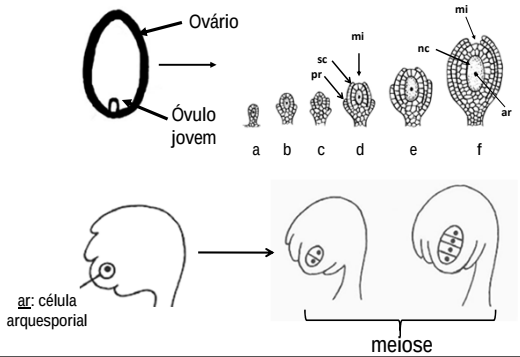
Superfície da Intina: importância

COMPOSIÇÃO DO PÓLEN : proteínas, lipídios, aminoácidos livres, vitaminas, auxinas, giberelinas: importância

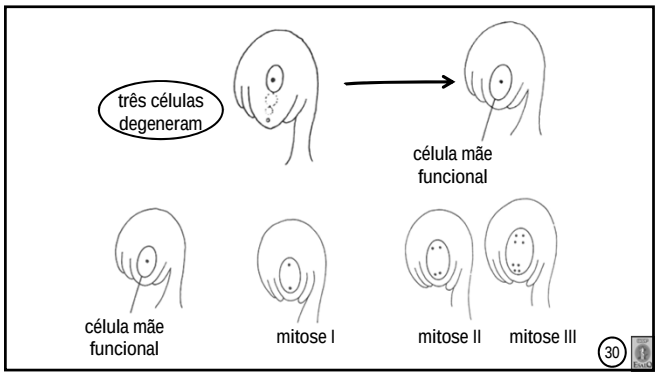
27

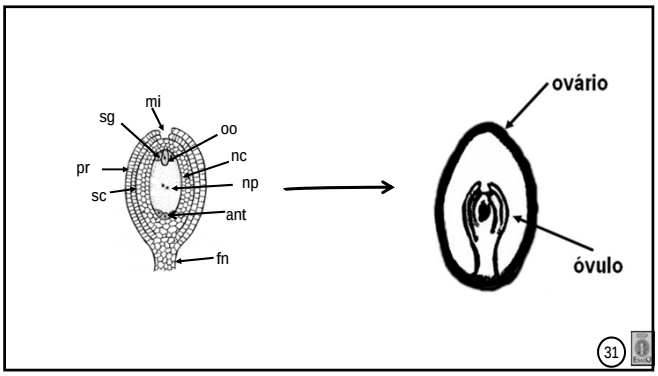
FORMAÇÃO DO SACO EMBRIONÁRIO
(macrosporogênese)

28



29





POLINIZAÇÃO

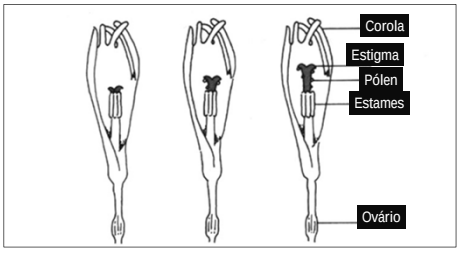
TIPOS

- AUTOPOLINIZAÇÃO:

citros, alface, tomate, quiabo, fumo, soja, berinjela, arroz, trigo, algodão, amendoim, feijão, cevada, ervilha, pimentão ...

33

Autopolinização em alface



Emergência do estilete e do estigma através da coluna estaminal em flores perfeitas de alface (Besnier, 1989)

Contreras

34

POLINIZAÇÃO

TIPOS

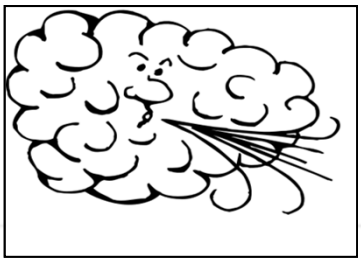
❖ POLINIZAÇÃO CRUZADA:

milho, centeio, crotalária, sorgo, cebola, repolho e demais brássicas, mamona, maracujá, cenoura, cucurbitáceas, girassol, milheto, alfafa, maçã, manga, mamão, pera, pecã, espinafre, pimentão, berinjela

35

AGENTES DE POLINIZAÇÃO

✓ VENTO (brisa):



36

AGENTES DE POLINIZAÇÃO

✓ BRISA: características do pólen e da estrutura floral

Pendão: 20 a 50 milhões de grãos de pólen

37

AGENTES DE POLINIZAÇÃO

✓ BRISA: características do pólen e da estrutura floral

MILHETO
Dispersão do pólen pelo ar

39

AGENTES

✓ INSETOS: características do pólen e da dispersão
principais insetos polinizadores

Espécies: cebola, cenoura, cucurbitáceas, girassol, *Crotalaria*, maracujá, repolho, ...

Unghiatti

Polinização *Crotalaria*

Polinização girassol

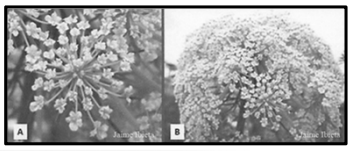
42

Polinização de *Crotalaria juncea*

Polinização de girassol

44

CENOURA



Jaime Ibieta

45

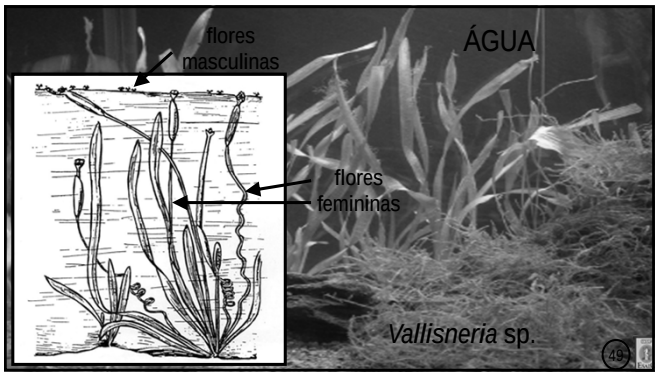
AGENTES

ORNITOFILIA

beija-flor

PÁSSAROS: atraídos pelas cores vivas, cheiro agradável e pelo néctar das flores

47



49

MORCEGOS

atraídos por flores
de forte odor

51

HOMEM

Polinização manual
do maracujá azedo

52

DIFICULDADES PARA A POLINIZAÇÃO

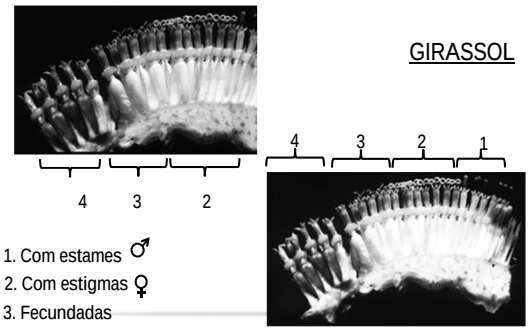
- DICOGAMIA: parcial ou absoluta

PROTANDRIA

milho, cenoura, cebola, pecã, girassol

54

GIRASSOL



1. Com estames ♂
2. Com estigmas ♀
3. Fecundadas
4. Frutos formando

55

GIRASSOL

1. Masculina; 2. Feminina; 3. Fecundada; 4. Frutificação; 5. Fruto

56

DIFICULDADES PARA A POLINIZAÇÃO

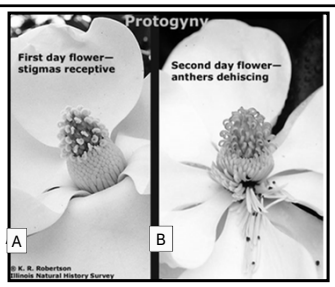
PROTOGINIA

manga, milheto, couve-flor, *Magnolia, Primula*

57

58

Protoginia em *Magnolia*



No primeiro dia (A), os estigmas estão receptivos e as anteras ainda não iniciaram a liberação de pólen. No segundo dia (B), as anteras liberam o pólen, mas os estigmas não mais estão receptivos. Exemplo com *Magnolia grandiflora* – "southern magnolia".

Contreras

59

DIFICULDADES PARA A POLINIZAÇÃO

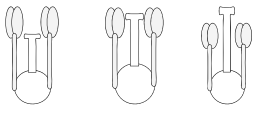
- AUTOINCOMPATIBILIDADE (pólen x óvulos da mesma flor)

  Heterostilia, Genética

  repolho, crotalaria, maracujá, girassol, rabanete, centeio, pimentão, laranja, brócolis, couve-flor, tomate

60

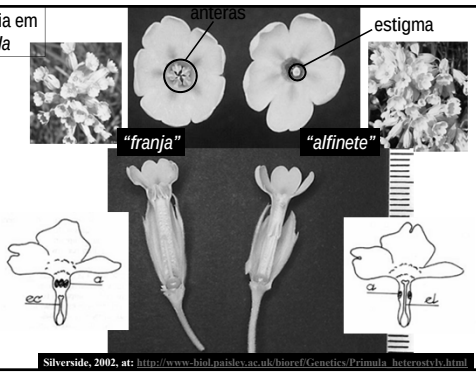
Pimentão: variações nas posições do estigma e das anteras afetam a intensidade de ocorrência da polinização cruzada



Contreras

61

Heterostilia em *Primula*

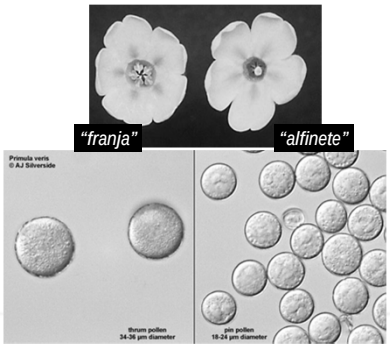


Contreras

Silverside, 2002, at: http://www-biol.paisley.ac.uk/bioref/Genetics/Primula_heterostyly.html

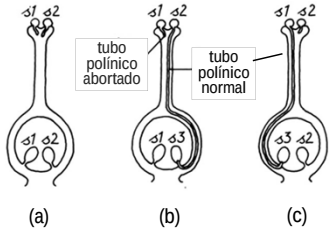
62

Heterostilia em *Primula*



Contreras

64



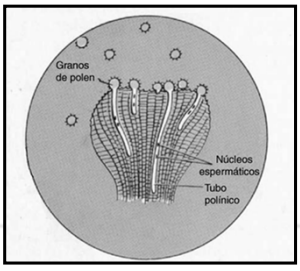
Auto incompatibilidade gametofítica (S1, S2 e S3)

Contreras

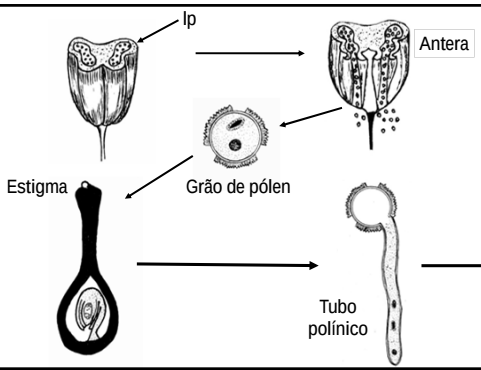
66

FECUNDAÇÃO

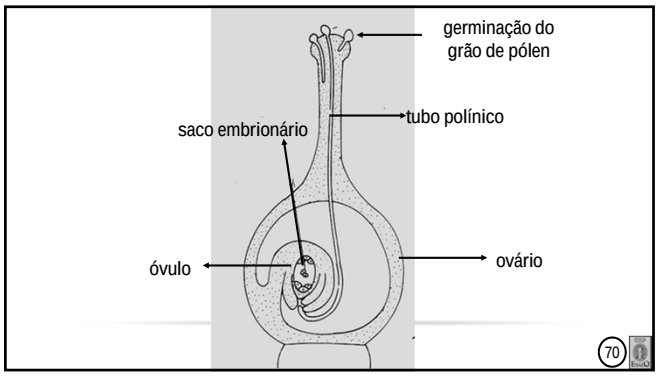
- GERMINAÇÃO DO TUBO POLÍNICO



67



69



70

FECUNDAÇÃO

1. SINGAMIA:

núcleo reprodutivo (n) + oosfera (n) → ZIGOTO (2n)

EMBRIÃO

CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS DO NOVO INDIVÍDUO SÃO TRANSMITIDAS ATRAVÉS DE GENES LOCALIZADOS NOS CROMOSSOMOS DOS GAMETAS

72

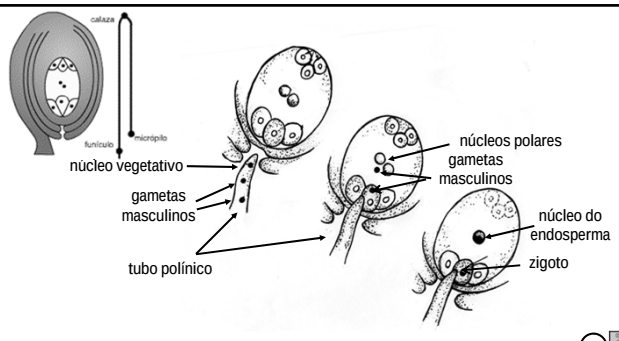
FECUNDAÇÃO

2. FUSÃO TRIPLA:

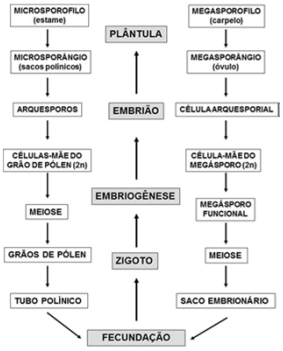
núcleo reprodutivo (n) + núcleos polares (2n) → NÚCLEO DO ENDOSPERMA (3n)

ENDOSPERMA (?)

73

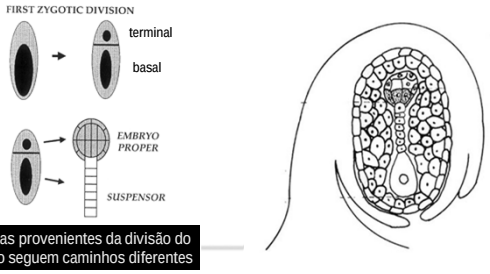


74



76

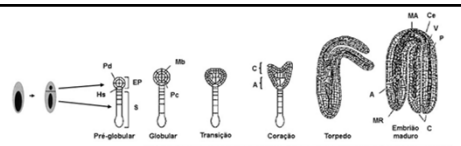
A partir da primeira divisão do zigoto, a base estrutura padrão do embrião e o destino das células já se torna evidente



Células provenientes da divisão do zigoto seguem caminhos diferentes

Henk Hilhorst

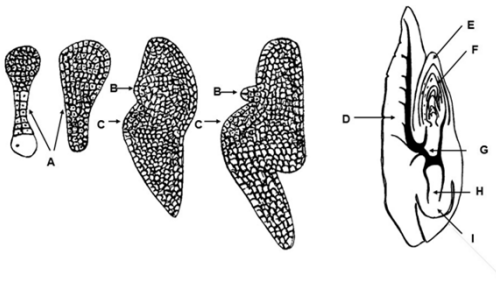
77



Entre pré-globular e torpedo, principalmente divisão e expansão celular

Primeira divsão do zigoto e sequência de desenvolvimento do embrião de *Arabidopsis*

79



Estádios de desenvolvimento do embrião em monocotiledônea

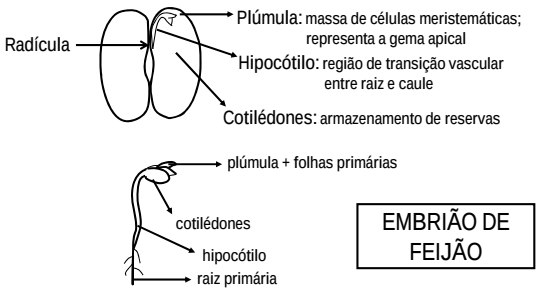
(Adaptado de Toledo e Marcos-Filho, 1977; Natesh e Rau, 1984)

81

PARTES DO EMBRIÃO

- RADÍCULA: raiz rudimentar do embrião
- HIPOCÓTILO: região de transição vascular entre raiz e caule
- COTILÉDONE(S):
  - Dicotiledôneas: armazenamento de reservas ou folhas embrionárias
  - Monocotiledôneas: proteção ao eixo embrionário e/ou transferência de reservas do endosperma para o embrião
- PLÚMULA: massa de células meristemáticas ➔ gema apical
- EPICÓTILO: presente na plúmula, em forma meristemática ou desenvolvido e identificável
- Coleorriza, coleoptilo, epiblasto, raízes seminais (nó cotiledonar)
- MESOCÓTILO: primeiro nó do epicótilo

83

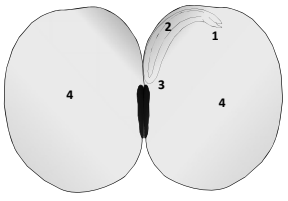


EMBRIÃO DE FEIJÃO

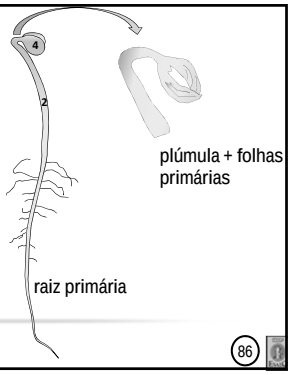
O EPICÓTILO ESTÁ PRESENTE NA PLÚMULA, EM FORMA MERISTEMÁTICA OU DESENVOLVIDO E IDENTIFICÁVEL

84

SOJA

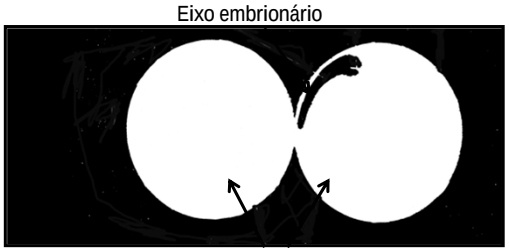


1. plúmula
2. hipocótilo
3. radícula
4. cotilédones



86

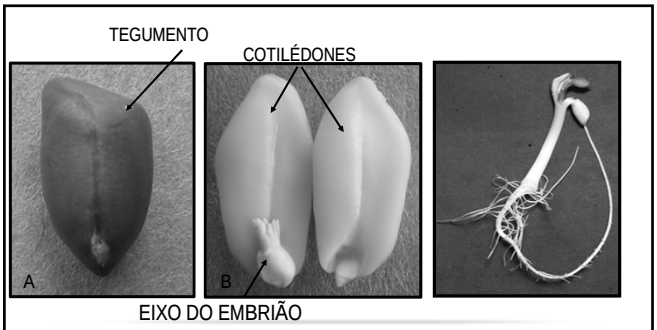
Eixo embrionário



Cotilédones

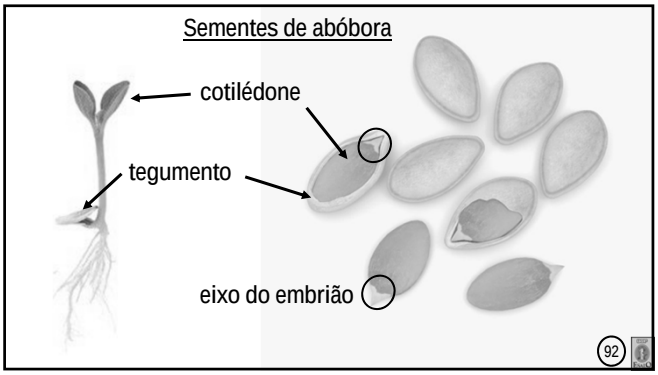
SEMENTE DE ERVILHA

88



Semente de amendoim: morfologia externa (A) e morfologia interna (B)

90



92

DESENVOLVIMENTO DO ENDOSPERMA

NÚCLEO DO ENDOSPERMA —(divisões, diferenciação)→ ENDOSPERMA

TECIDO DE RESERVA → GERMINAÇÃO

SEMENTES ALBUMINOSAS ou endospermáticas:

monocotiledôneas, mamona, café, alface, seringueira, tomate, beterraba

TECIDO VIVO ?

93

DESENVOLVIMENTO DO ENDOSPERMA

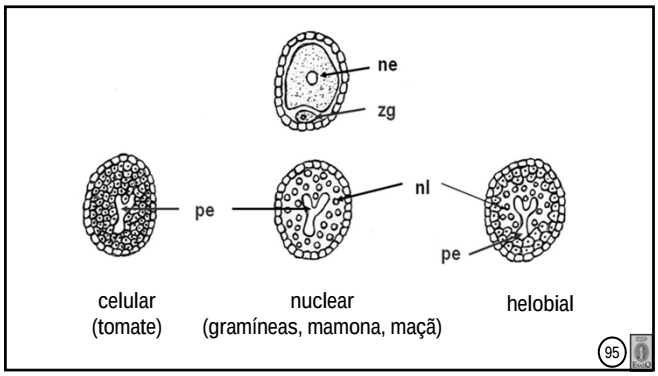
NÚCLEO DO ENDOSPERMA —(divisões, diferenciação)→ ENDOSPERMA

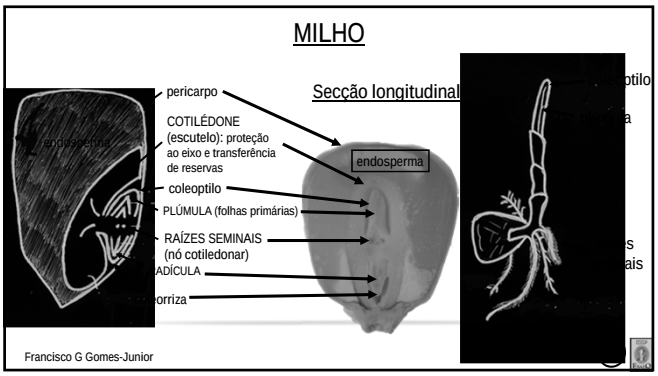
TECIDO DE RESERVA → DESENVOLVIMENTO DO EMBRIÃO

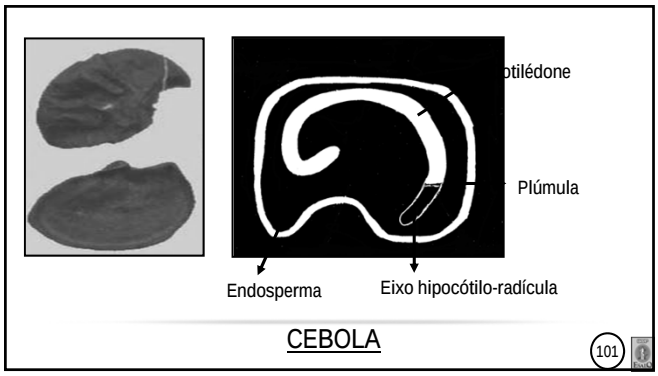
SEMENTES EXALBUMINOSAS ou cotiledonares:

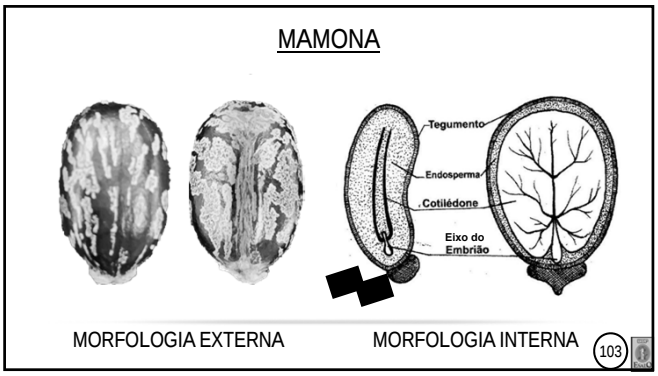
dicotiledôneas (leguminosas, malváceas, cucurbitáceas, crucíferas)

94

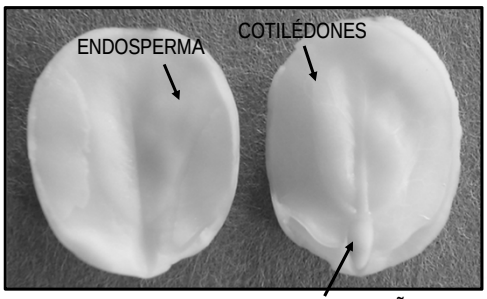

ne
zg
pe
nl
pe
celular
(tomate)
nuclear
(gramíneas, mamona, maçã)
helobial
95


MILHO
Secção longitudinal
pericarpo
COTILÉDONE
(escutelo): proteção
ao eixo e transferência
de reservas
endosperma
coleoptilo
PLÚMULA (folhas primárias)
RAÍZES SEMINAIS
(nó cotiledonar)
Francisco G Gomes-Junior

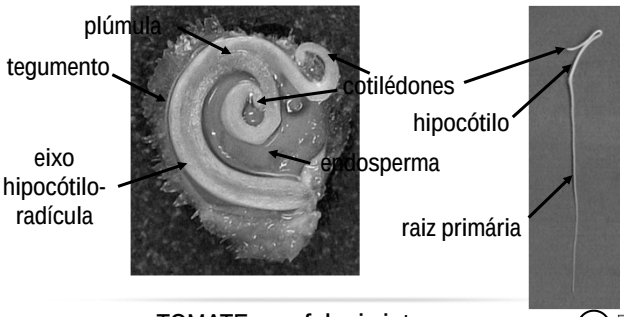

otilédone
Plúmula
Endosperma
Eixo hipocótilo-radícula
CEBOLA
101


MAMONA
Tegumento
Endosperma
Cotilédone
Eixo do
Embrião
MORFOLOGIA EXTERNA
MORFOLOGIA INTERNA
103

MAMONA



104



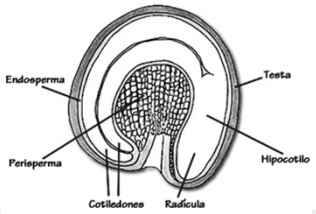
TOMATE: morfologia interna

105

PERISPERMA

Desenvolvimento do tecido nucelar materno

Exemplos: café, beterraba



Corte de uma semente de beterraba

106

TEGUMENTO (s)

PRIMINA → TESTA (Externo)

SECUNDINA → TEGMA (Interno)

107

TEGUMENTO (s)

Funções, numa semente formada

- Manter unidas as partes da semente
- Proteção contra agentes externos (bióticos e abióticos): composição, estrutura
- Regular trocas de água e trocas gasosas com o ambiente
- Regular a germinação e interferir em mecanismos de dormência: estrutura e composição do tegumento, presença de mucilagem
- Controle da dispersão espacial das sementes: asas, espinhos, mucilagem, pelos, substâncias resistentes ao trato digestivo de animais

109

CULTIVAR	LIGNINA (%)	INJ. MEC. (índice)
Doko	6,2	494
FT-2	6,2	575
Paraná	5,5	505
Bossier	5,2	401
Davis	4,6	373
Savana	4,3	349
IAC-2	4,2	266

Relações entre o teor de lignina e o índice de resistência a injúrias mecânicas em sementes de sete cultivares de soja (Alvarez *et al.*, 1997)

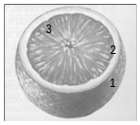
110

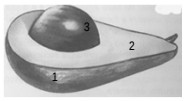
FRUTO E SEMENTE

FRUTO: OVÁRIO MADURO, COM UMA OU MAIS SEMENTES

PARTES:

a) PERICARPO
- EPICARPO (1)
- MESOCARPO (2)
- ENDOCARPO (3)





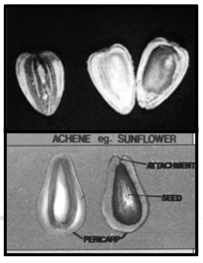
b) SEMENTE (s)

111

FRUTO E SEMENTE

FRUTOS SECOS:

cariopse (gramíneas), aquênio (girassol, alface, cenoura)



113

FRUTOS SECOS: pixídio (papoula), glomérulo (beterraba), cariopse (gramíneas), aquênio (girassol, alface, cenoura)

Pixídio (papoula)

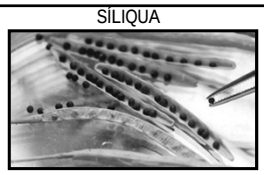
Glomérulo (beterraba)

Cariopse (milho)

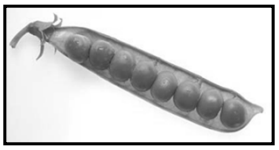
Aquênio (girassol)

113B

SÍLIQUA



VAGEM



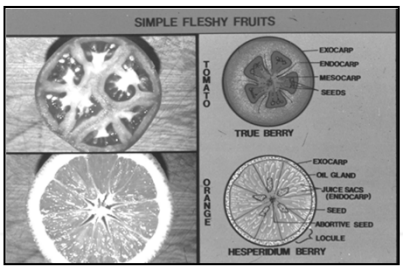
NOZ

SÂMARA

114

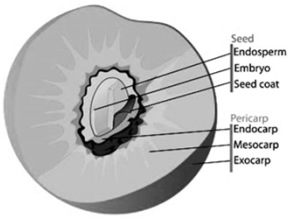
FRUTO E SEMENTE

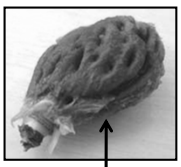
FRUTOS CARNOSOS (Baga): tomate, uva, citros, cucurbitáceas ...



115

FRUTO E SEMENTE





endocarpo

PÊSSEGO (Drupa): abacate, azeitona, manga, ameixa preta

116

FRUTO E SEMENTE

a) PERICARPO

b) SEMENTE

TEGUMENTO

ENDOSPERMA (?)

EMBRIÃO { Eixo / Cotilédone(s)

Semente é estrutura ou organismo reprodutivo ?

118

SEMENTES

FEIJÃO ALGODÃO SOJA QUIABO

119

APOMIXIA

DESENVOLVIMENTO ASSEXUADO DE SEMENTES, COM ESTRUTURA SEMELHANTE ÀS PRODUZIDAS APÓS A FECUNDAÇÃO

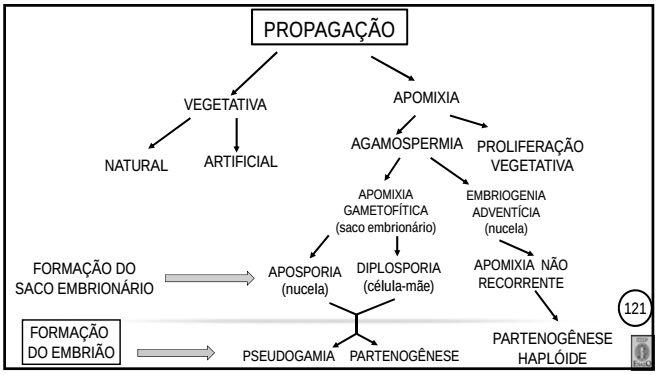
SÃO SEMENTES FORMADAS A PARTIR DE CÉLULAS DIPLOIDES DO ÓVULO, MEDIANTE DIFERENTES MECANISMOS, SEM QUE TENHA OCORRIDO A FECUNDAÇÃO

CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO

- SUBSTITUI A REPRODUÇÃO PELA PROPAGAÇÃO
- NÃO HÁ UNIÃO DE GAMETAS

120

PROPAGAÇÃO



121

PRINCIPAIS MECANISMOS DE APOMIXIA

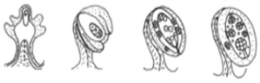
DIPLOSPORIA

Sacos embrionários derivados da célula-mãe do saco embrionário, cujo núcleo não sofreu meiose: algumas Poáceas (g. azul Kentucky)

APOSPORIA

Embrião + endosperma se desenvolvem a partir de sacos embrionários derivados de células somáticas situadas em vários locais da nucela: milheto, panicoides

EMBRIOGENIA ADVENTÍCIA (poliembrionia)



Embriões se desenvolvem a partir de células somáticas do óvulo ou das paredes do ovário (sem que ocorra formação do saco embrionário): citros, manga, abacate

122

POR QUE ESTUDAR FORMAÇÃO + MORFOLOGIA DE SEMENTES ?

- TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO
  - Clima
  - Época de semeadura
  - Semeadura: manejo do equipamento
  - Inspeções e roguing
  - Colheita

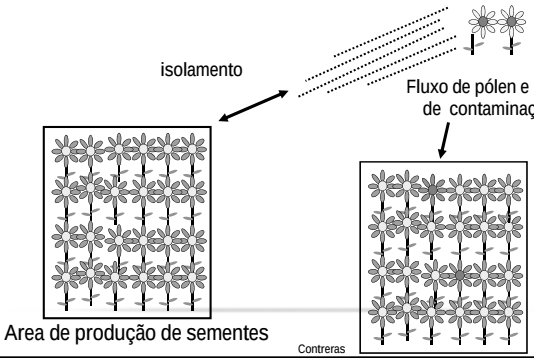
123

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

- POLINIZAÇÃO E SUAS CONSEQUÊNCIAS: necessidade do conhecimento
  - PUREZA GENÉTICA

    Isolamento

124



125

Isolamento para produção de sementes de alface: planta autógama

Contreras

126

Produção de sementes em estruturas protegidas

Contreras

127

Pepino: isolamento + insetos

Contreras

128

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

- PUREZA GENÉTICA

  Direção predominante dos ventos

  Proporção linhas masculinas e femininas

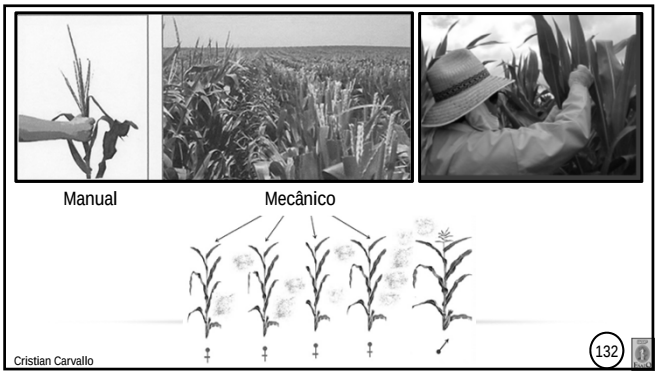
129

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

- PUREZA GENÉTICA

  - Despendoamento em milho

130



Cristian Carvallo

132

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

- PUREZA GENÉTICA

  Machoesterilidade

  Milho, repolho, cenoura, girassol, milheto

133

134

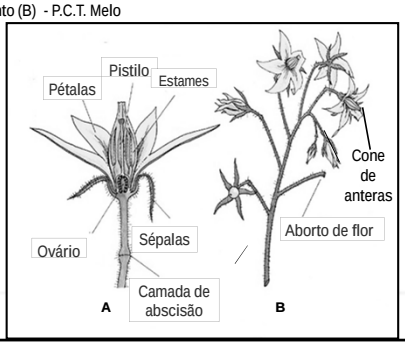
GIRASSOL

Estames de flores tubulosas

Rebeca Unghiatti

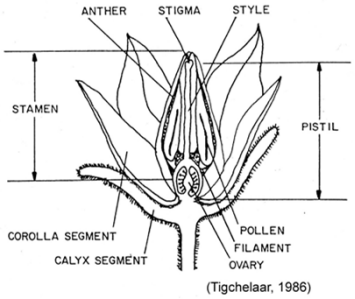
135

Flor completa do tomateiro (A) e inflorescência com flores em diferentes estádios de desenvolvimento (B) - P.C.T. Melo



137

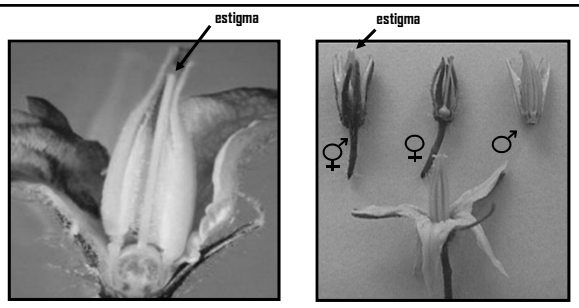
FLOR DE TOMATE



(Tigchelaar, 1986)

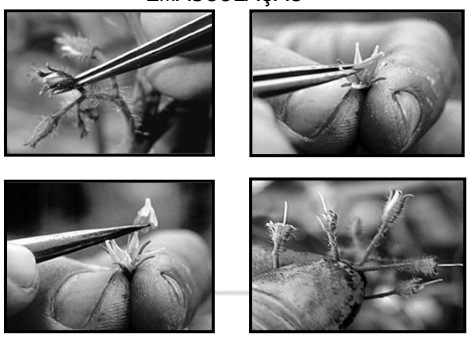
Contreras

138



139

EMASCULAÇÃO

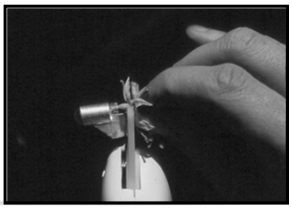


141

EMASCULAÇÃO

142

COLETA DE PÓLEN

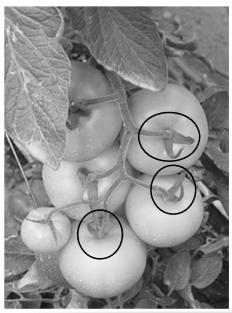


143

144

TÉCNICAS DE CRUZAMENTOS CONTROLADOS

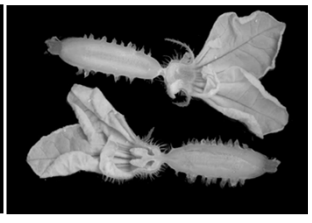
145



Híbrido tomate Híbrido pimentão

Contreras

146



Flor masculina Flor feminina (ovário ínfero)

PEPINO

Contreras

147

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

- PUREZA GENÉTICA

  "Split"

  Milho, tomate, sorgo, girassol, pepino

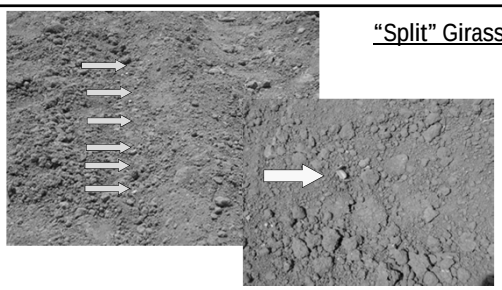
148

Semeadura para produção de híbridos de girassol, com duas linhas da linhagem masculina, para seis da feminina: linhas masculinas semeadas uma semana depois

Rebeca Unghiatti

149

"Split" Girassol



Semeadura das linhas masculinas uma semana antes das femininas: nas fotos, linhas masculinas no estádio VE, no dia da semeadura do parental feminino

Unghiatti

150

Proporção linhas masculinas e femininas

Produção de sementes de milho doce: proporção de linhas masculinas/femininas é de 4:3. Linhas masculinas semeadas 3, 6 e 10 dias após as femininas.

Contreras e Rojas

151

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

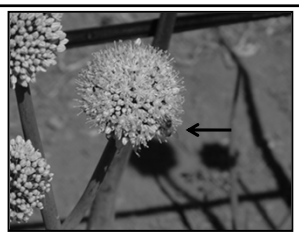
- QUANTIDADE PRODUZIDA

Clima x época de semeadura

Temperatura x viabilidade do pólen

Presença de insetos: número de sementes por planta e por área; tamanho dos frutos

152



Polinização Cebola

Polinização Cebola ➔ colmeia: 5 /ha

Unghiatti

152A

IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO

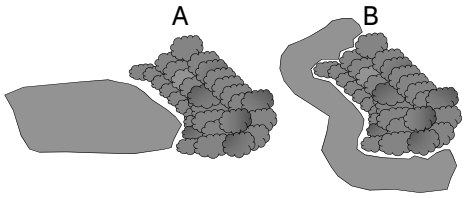
- QUANTIDADE PRODUZIDA

  Controle de insetos nocivos durante o florescimento (polinização)

  Formato da área

153

FORMATO DA ÁREA



154

POR QUE ESTUDAR FORMAÇÃO + MORFOLOGIA DE SEMENTES ?

- AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

  Testes de rotina e testes rápidos

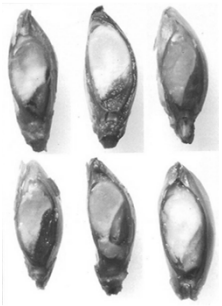
  Pureza física, exame de silvestres, germinação, sanidade, tetrazólio ...

- IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES

155

Teste de tetrazólio em sementes de tomate

156



Interpretação do teste de tetrazólio em sementes de *Brachiaria brizantha*, mediante ampliação de imagens digitalizadas (Custódio *et al*., 2012)

157

IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES

158

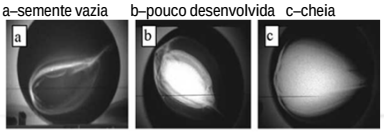
POR QUE ESTUDAR
FORMAÇÃO + MORFOLOGIA DE SEMENTES ?

- RECONHECIMENTO DA MATURIDADE FISIOLÓGICA
- BENEFICIAMENTO
  - Escolha de máquinas para separação
  - Planejamento de linhas de fluxo
  - Injúrias mecânicas
  - Transportadores
- RECONHECIMENTO DE PROBLEMAS E SUA EXTENSÃO

159

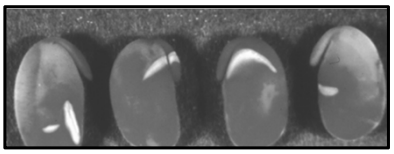
Aspecto normal ou anomalias?

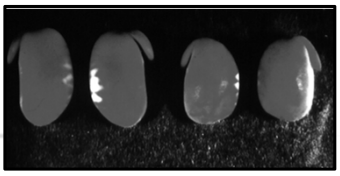
a–semente vazia b–pouco desenvolvida c–cheia



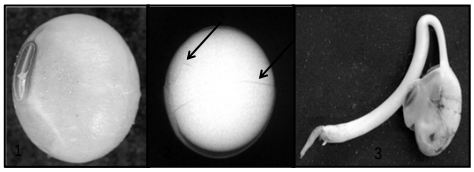
Fagus silvatica L.

160





161



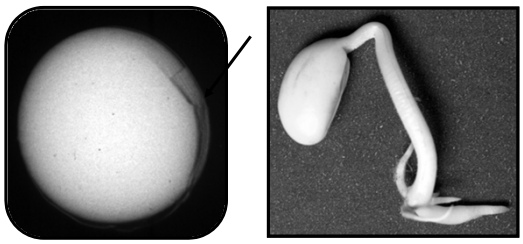
FISSURAS INTERNAS PROVOCADAS POR INJÚRIAS MECÂNICAS, NÃO IDENTIFICADAS EXTERNAMENTE, PODEM PROVOCAR ANORMALIDADE NA GERMINAÇÃO (Flor, 2003)

1. Imagem externa; 2. Radiografia; 3. Plântula anormal

162

Raios X

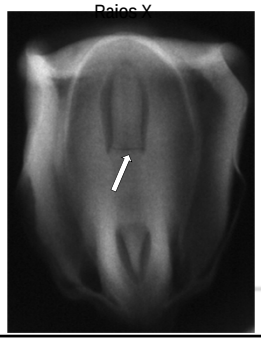
Plântula Anormal



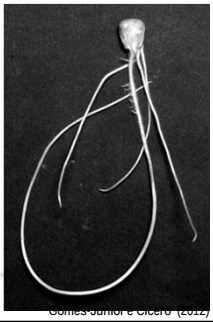
163

MILHO DOCE

Raios X

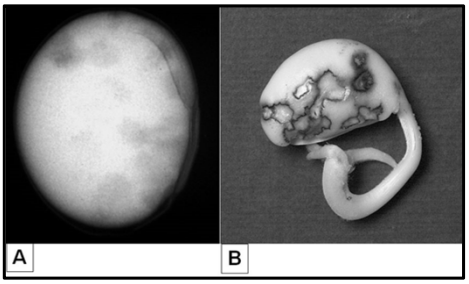


Plântula Anormal



Gomes Júnior e Cícero (2012)

164

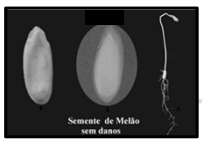


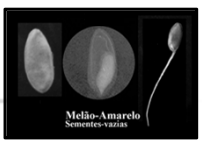
Sementes radiografadas de soja com danos severos provocados por percevejos ao eixo embrionário e cotilédones (A), resultando em plântula anormal (B) (Pinto)

165

normal

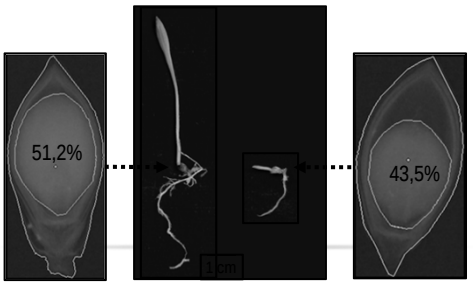
anormal





166

Área embrionária de sementes de ***Brachiaria*** sp.: relação com o tamanho da plântula



168

SEMENTES ARTIFICIAIS OU SINTÉTICAS

EMBRIÃO SOMÁTICO :

Desenvolvimento de embrião a partir de células vegetativas (somáticas): não são produtos da fusão de gametas

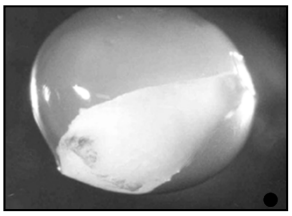
EMBRIOGÊNESE SOMÁTICA

Natural: exemplo / embriões nucelares em citros

Induzida: células induzidas por estímulos ambientais ou químicos

É UMA MODALIDADE DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS MEDIANTE A ENCAPSULAÇÃO DE EMBRIÕES SOMÁTICOS

171



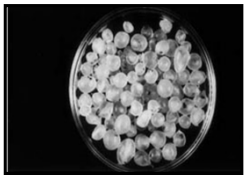
semente sintética de café

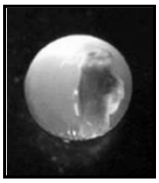
CÁPSULAS DE HIDROGEL:

alginato de sódio, resinas plásticas de óxido de polietileno + reservas + agentes protetores + microrg. benéficos + ...

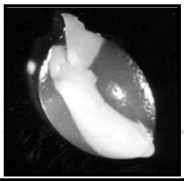
173

Abacaxi





Mandioca



Feijão: embrião zigótico encapsulado

174