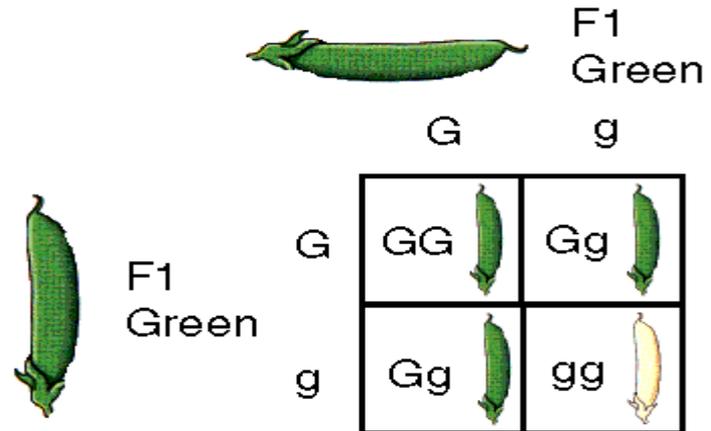


MELHORAMENTO DE PLANTAS

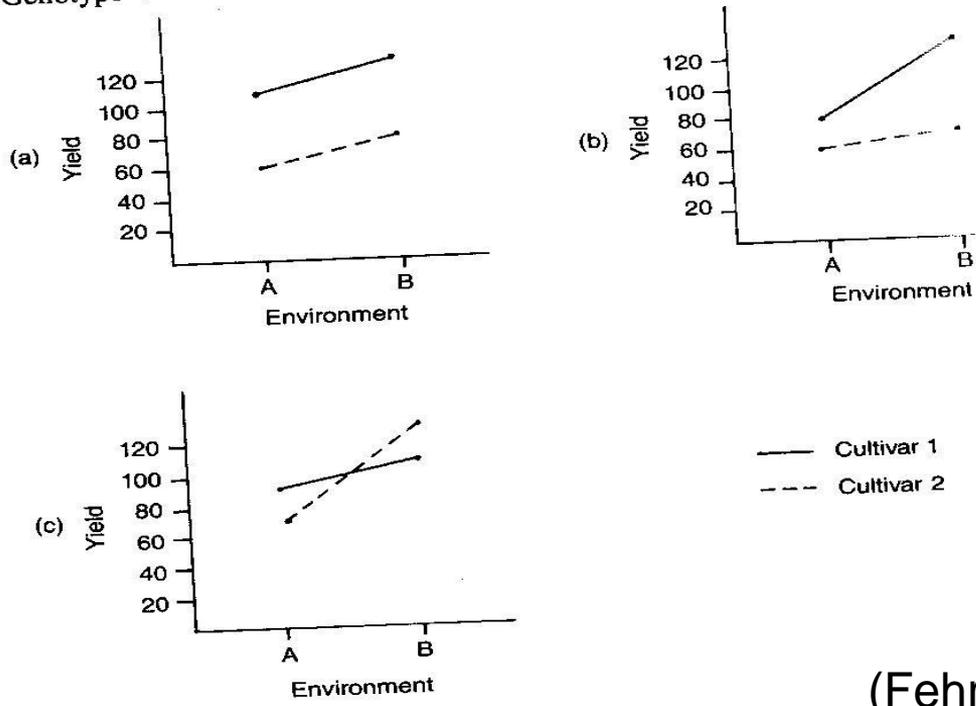
1. Bases genéticas do melhoramento
2. Sistemas reprodutivos em plantas cultivadas

- Fenótipo (F)
 - Aparência de um indivíduo ou de um grupo de indivíduos (Fehr, 1987)
 - Característica mensurável (tamanho ou coloração da espiga)
- Genótipo (G)
 - composição genética de um organismo



$$F = G + E + GE$$

Figure 18-1 The relative performance of two cultivars in two environments
 (a) No genotype \times environment interaction is present. (b) Genotype \times environment interaction is present but does not alter genotypic ranking (c) Genotype \times environment interaction is present and alters genotypic ranking



(Fehr, 1987)

Identificação de interação GE

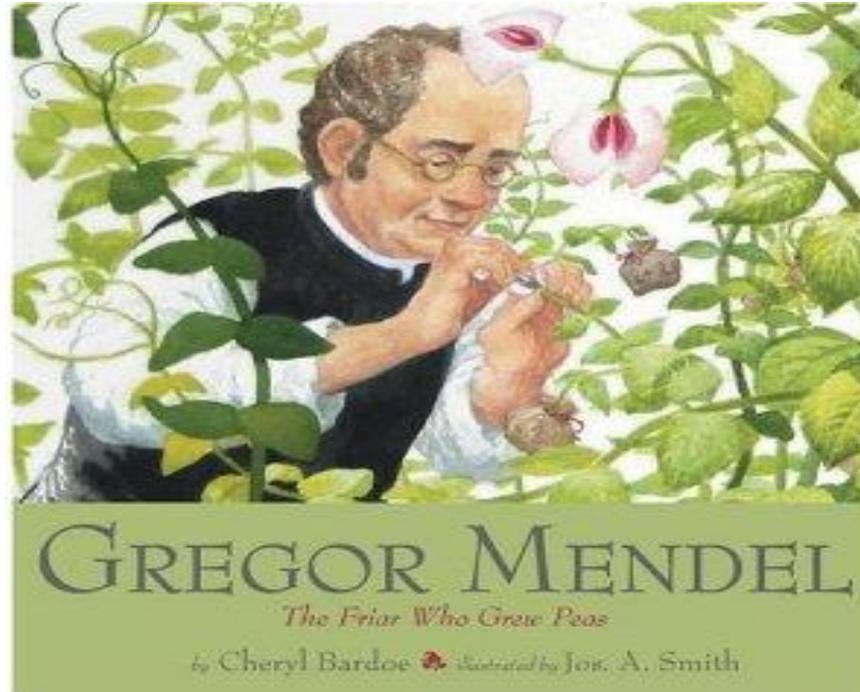
- Mais de um genótipo
- Mais de um ambiente
 - Qualquer fator (macro ou microambiental)
 - capaz de interferir - expressão de um gene

Tabela 1. Análise de variância conjunta para produtividade de vagens (kg ha^{-1}), rendimento e peso de 100 grãos de 20 genótipos de amendoim, avaliados em dez ambientes de produção no Estado de São Paulo.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio | |
|-------------------|-----|---------------------------------------|-----------------------|
| | | Produtividade (kg ha^{-1}) | Peso de 100 grãos (g) |
| Blocos/ambiente | 30 | 1.388.539,70 ^{ns} | 46,68 ^{ns} |
| Genótipos (G) | 19 | 2.241.381,82* | 592,83** |
| Ambientes (E) | 9 | 43.493.704,76** | 1.359,29** |
| GxE | 171 | 1.405.879,05** | 30,94** |
| Resíduo | 570 | 687.462,96 | 15,70 |
| Média | | 5.422,23 | 69,28 |
| CV (%) | | 15,29 | 5,72 |

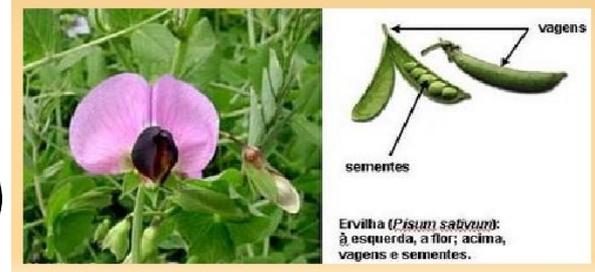
^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A Genética e o trabalho de Mendel



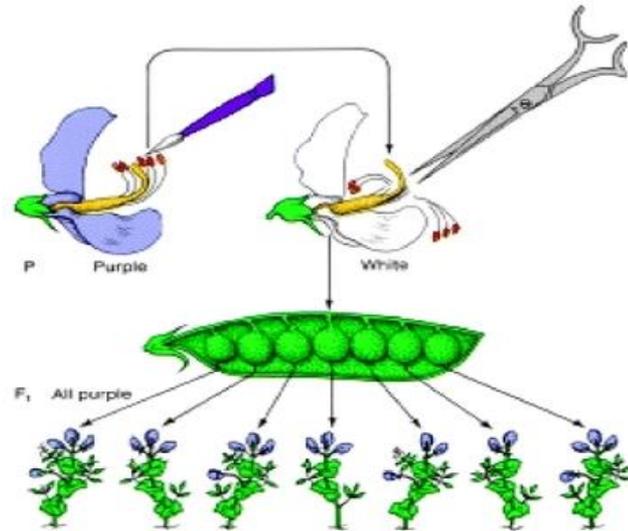
<http://www.slideshare.net/travitzki/mendel-4478698>

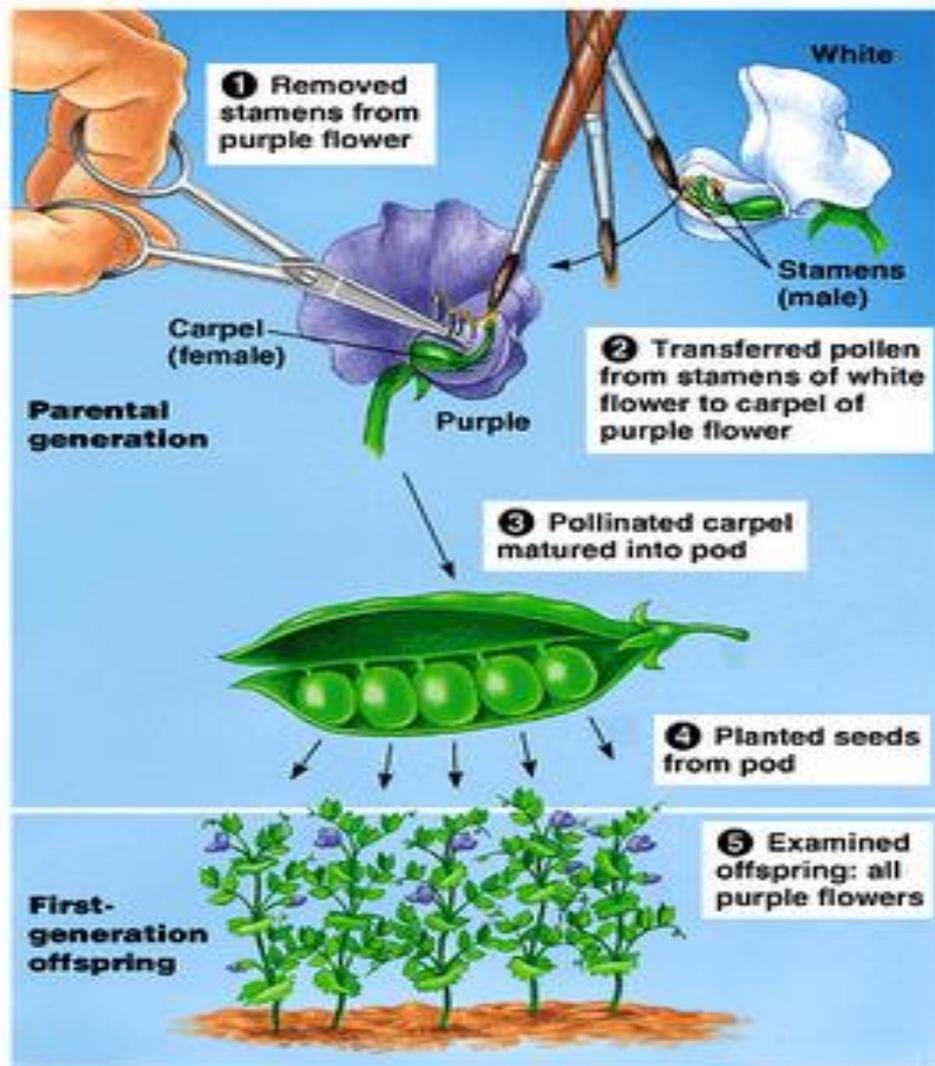
- Gregor Mendel (1866)
 - Ervilha comum (*Pisum sativum*)

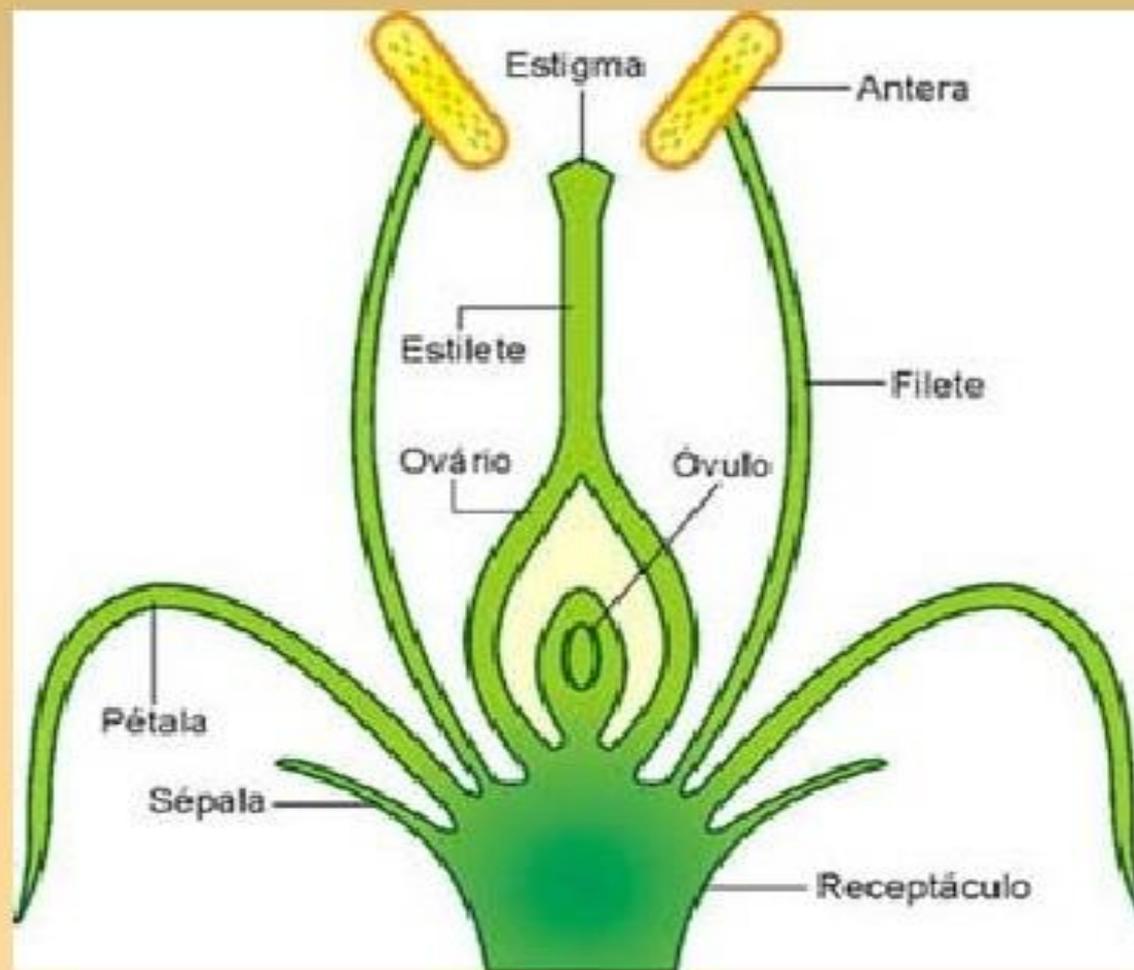


- Fácil cultivo
- Ciclo reprodutivo curto
- Autofecundação natural (linhagens puras)
- Produção de muitas sementes /planta
- Diversas variedades, contrastantes
- Cruzamentos entre duas variedades diferentes
- Técnica de cruzamento
- Estudo de sete características contrastantes
- Analisou a proporção em F_2

- Caracteres um a um
- Dois ou mais caracteres combinados
- Estatística para análise dos dados (números e combinações de probabilidade)







Caracteres estudados por Mendel (Qualitativos)

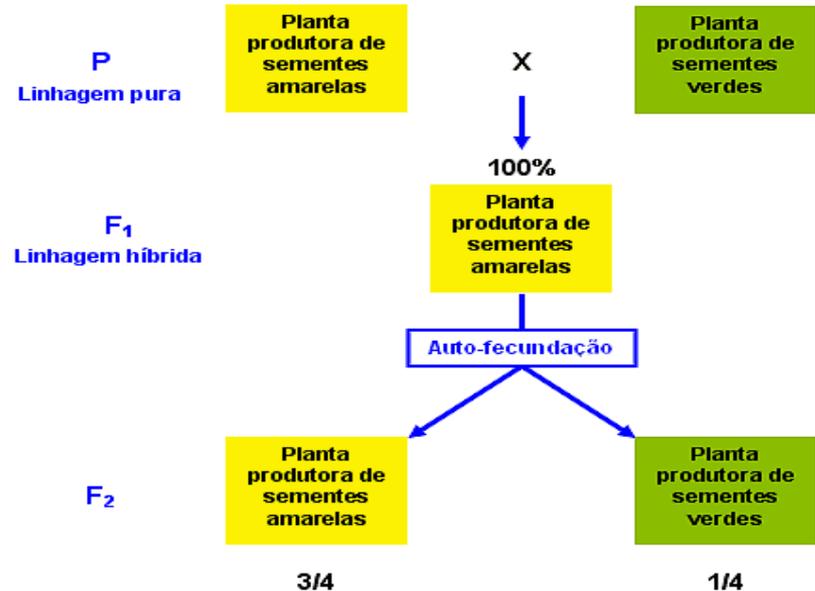
- Altura da planta (baixa/alta)
- Tipo da semente (lisa/enrugada)
- Cor dos cotilédones (amarelo/verde)
- Cor do tegumento da semente (colorida/incolor)
- Posição da flor no caule (axilar/terminal)
- Tipo da vagem (lisa/com constrição)
- Cor da vagem imatura (verde/amarela)

Características do método

- Análise das características uma a uma - depois duas a duas
- Muitas gerações
- Observação das diferentes formas
- Anotou o número de vezes (proporções e hipóteses numéricas)
- Comprovou as hipóteses

As Leis de Mendel

- 1ª Lei de Mendel:
 - “As características são condicionadas por pares de *fatores*. Há pelo menos um *fator* para cada variedade alternante da característica. Esses *fatores* ocorrem aos pares nos indivíduos e, durante a formação dos gametas, segregam-se, indo um *fator* do par para cada gameta”



P
Linhagem pura

Planta
produtora de
sementes
amarelas

X

Planta
produtora de
sementes
verdes

F₁
Linhagem híbrida

V V

100%

Planta
produtora de
sementes
amarelas

v v

V v

Auto-fecundação

V v

V v

V V

V v

V v

v v

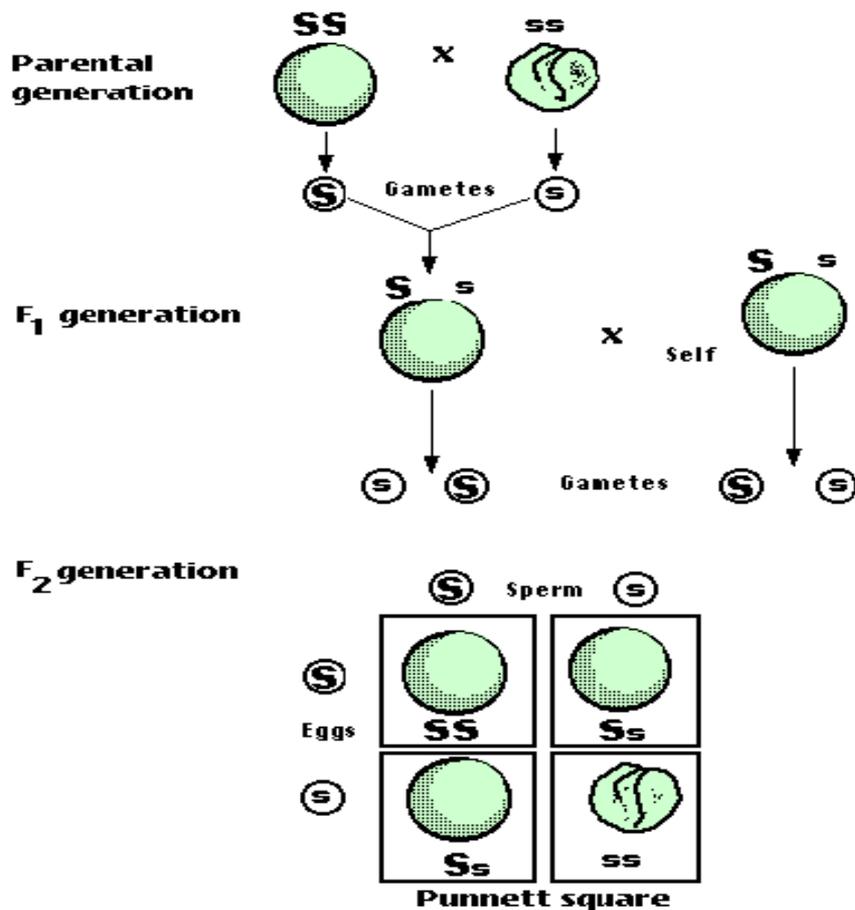
F₂

Planta
produtora de
sementes
amarelas

Planta
produtora de
sementes
verdes

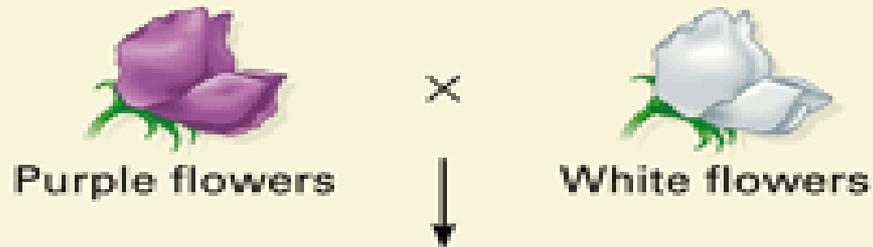
3/4

1/4

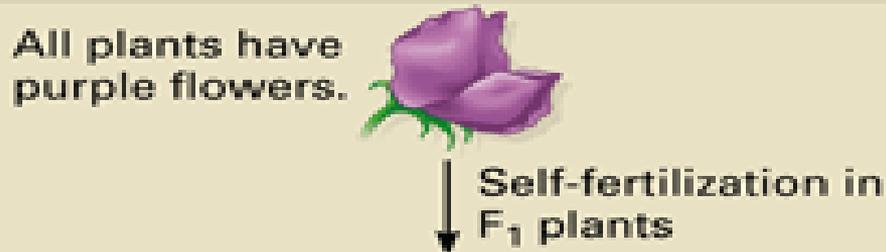


Mendel: Experiment 1

P Generation
(true-breeding
parents)



F₁ Generation
(hybrids)

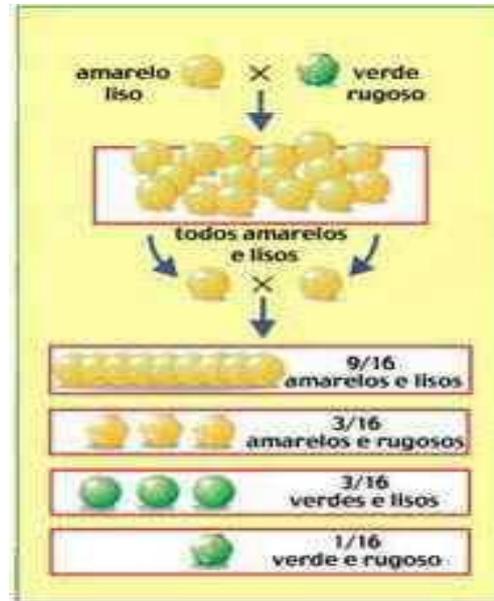


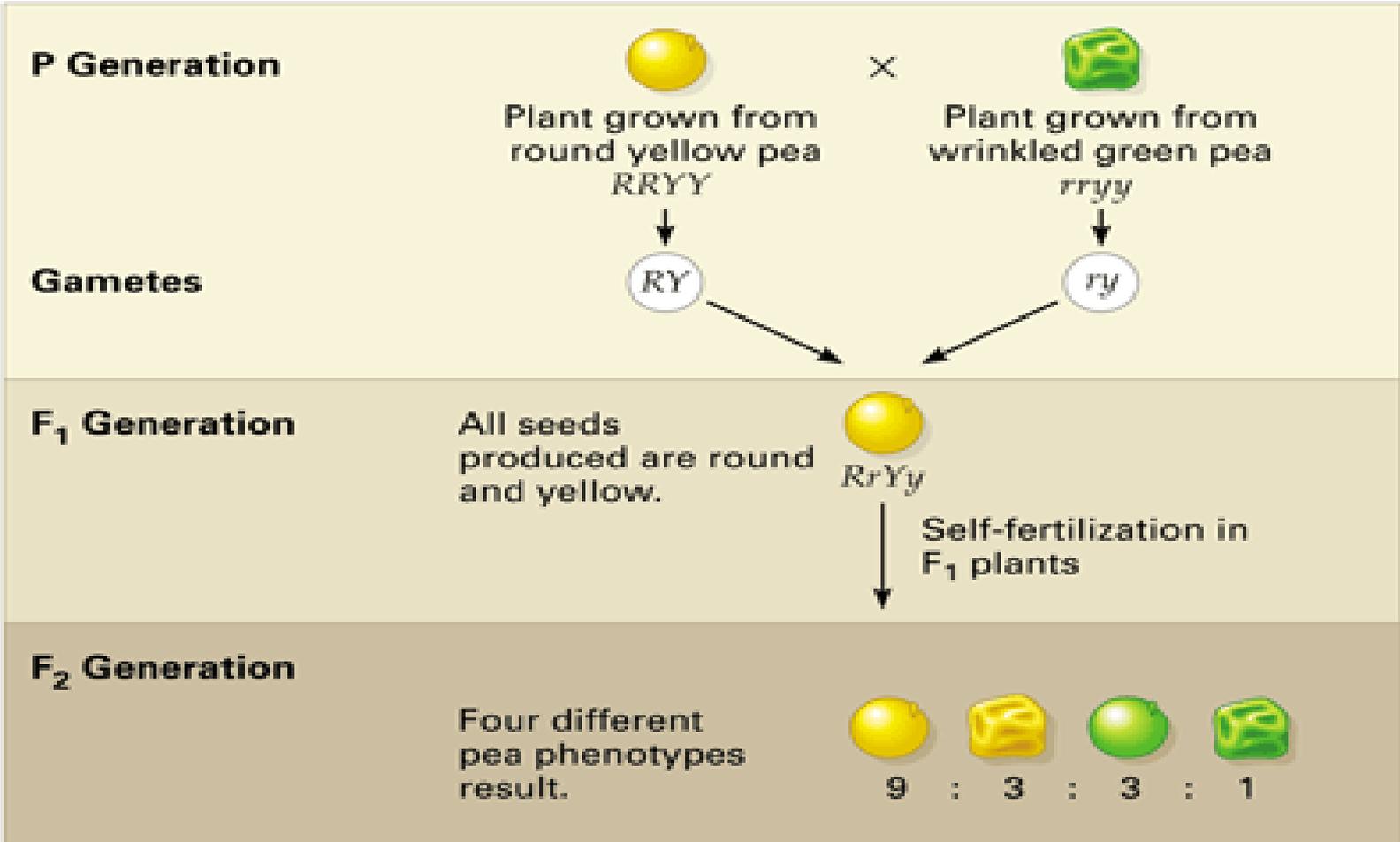
F₂ Generation



- 2ª Lei de Mendel

- “Quando dois pares de *fatores (alelos)* se situam juntos numa combinação híbrida , segregarão independente um do outro em F_2 .”





- Frequência genotípica
 - a percentagem em que determinado genótipo se apresenta num grupo
- Frequência fenotípica
- Frequências iguais quando:
 - Dominância parcial
 - Sobredominância
 - Aditividade

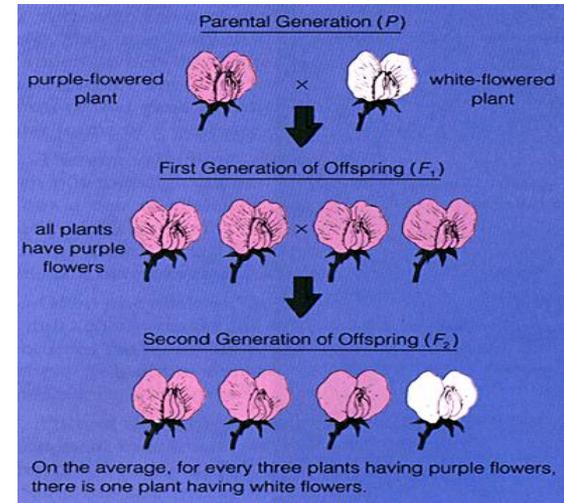
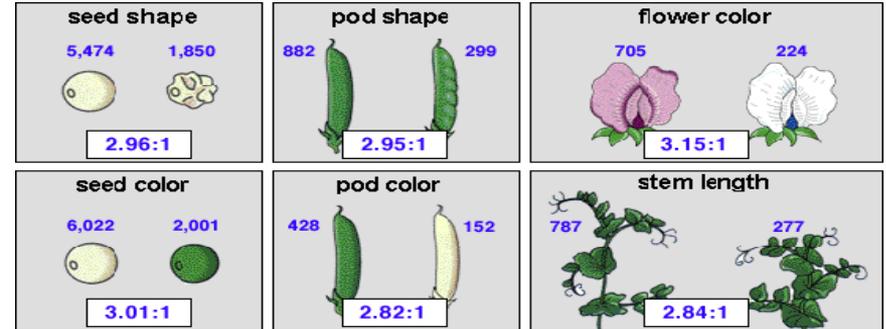
Diferem quando há dominância completa

Nível de Dominância

| Genótipo | Aditividade | Dom. Parcial | Dom. Completa | Sobredom |
|----------------------|-------------|--------------|---------------|----------|
| AA | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Aa | 3 | 4 | 5 | 6 |
| aa | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Nº. Fen. obs. | 3 | 3 | 2 | 3 |

Para 1 par de genes c/ dominância completa:

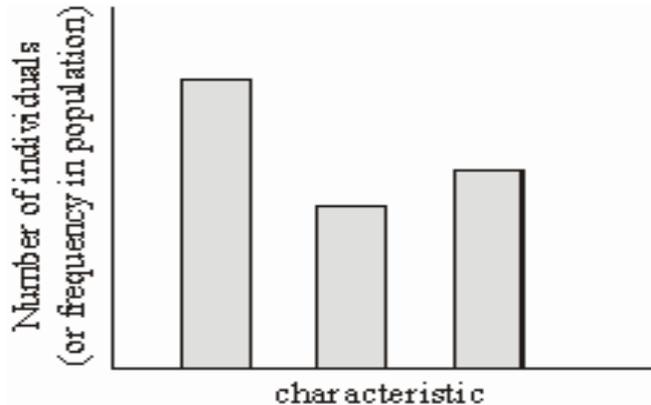
- Relação fenotípica (F_2) - 3 : 1
- Relação genotípica (F_2) - 1 : 2 : 1



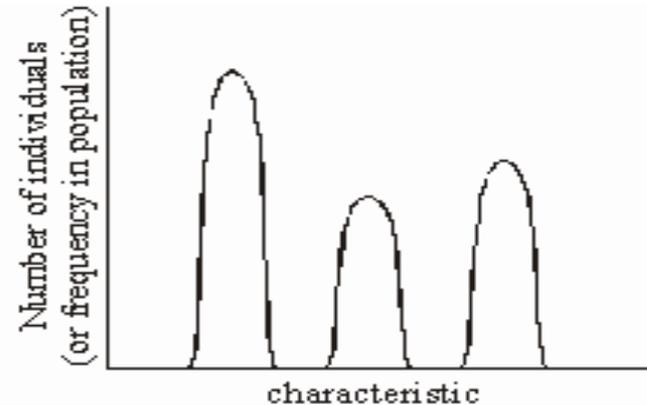
Caracteres qualitativos

- Classes fenotípicas distintas
- Controlados por um ou dois genes

- Expressão dos genes
- pouca ou nenhuma influência do ambiente
- Ex.: Cor de flor

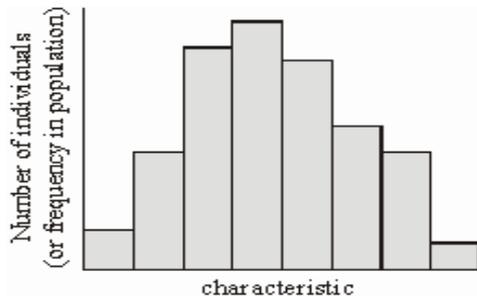


effect of environment
→

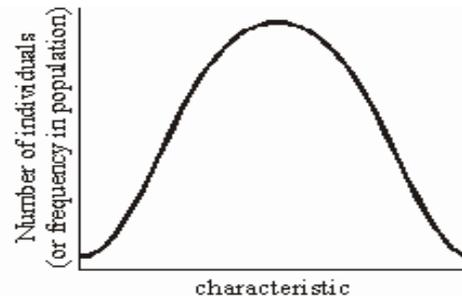


Caracteres quantitativos

- Classes fenotípicas com distribuição contínua
- Herança poligênica
- Cada um dos genes: pequeno efeito
- Grande influência do ambiente
- Ex.: Rendimento de grãos; altura de plantas



effect of environment →



Genética Quantitativa

- Estuda os caracteres quantitativos

- 1) Herança poligênica

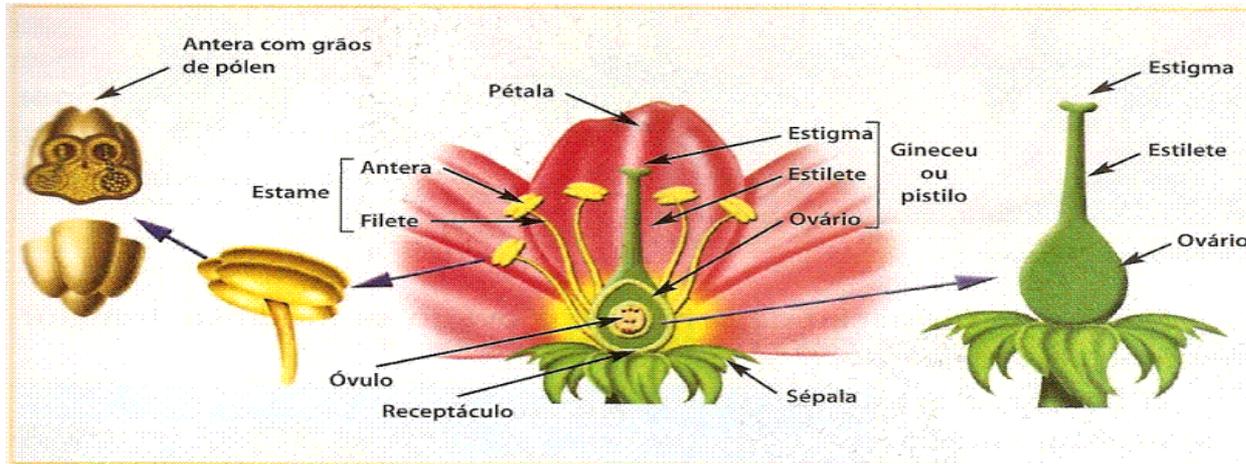
- 2) Estudo em nível de populações e baseado na estimação de parâmetros tais como média, variância e covariância

- 3) Variações contínuas e efeito do ambiente

Sistemas Reprodutivos em Plantas Cultivadas

1 - Conhecer o sistema reprodutivo

2 - Decidir sobre métodos de melhoramento



TIPOS DE REPRODUÇÃO EM PLANTAS

Reprodução sexual

Se caracteriza pela formação de gametas (meiose), fusão dos gametas masculino e feminino (fertilização) para formação de um embrião e posteriormente da semente.

Reprodução assexual ou vegetativa

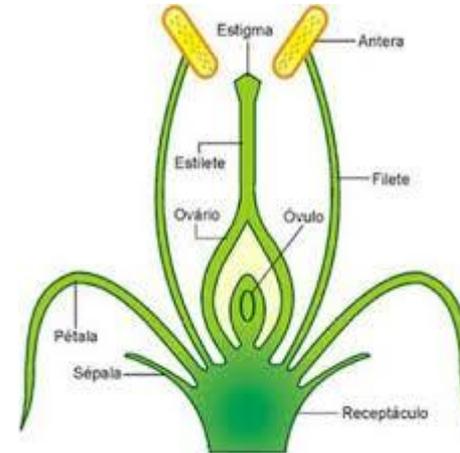
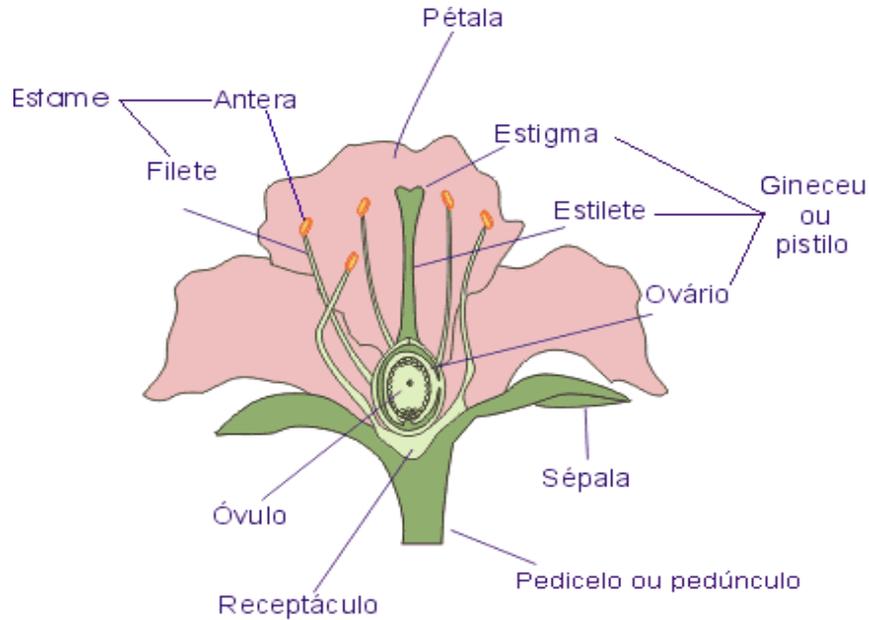
Novas plantas são formadas a partir de órgãos vegetativos especializados.

Não envolve a fusão de gametas. As novas plantas são obtidas pela divisão celular (mitose) de vários órgãos vegetativos tais como tubérculos, estolões, colmos, manivas, rizomas, rebentos, estacas, borbulhas ou por cultura de tecidos.

Morfologia floral

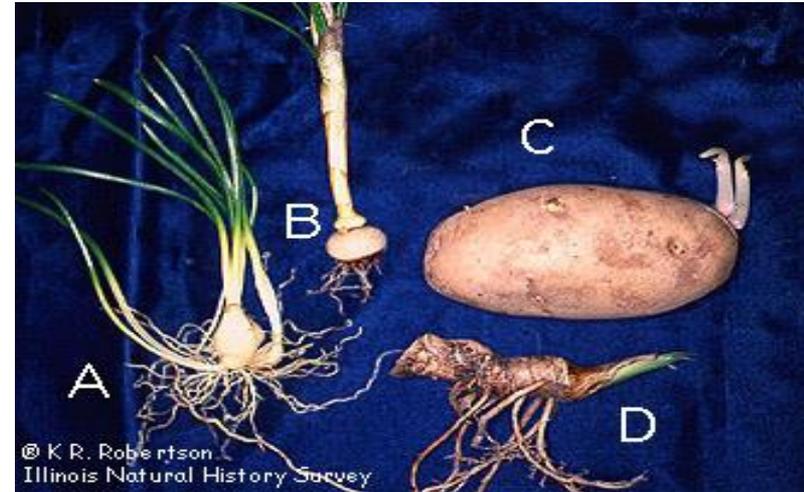
Flores hermafroditas

Flores unissexuais



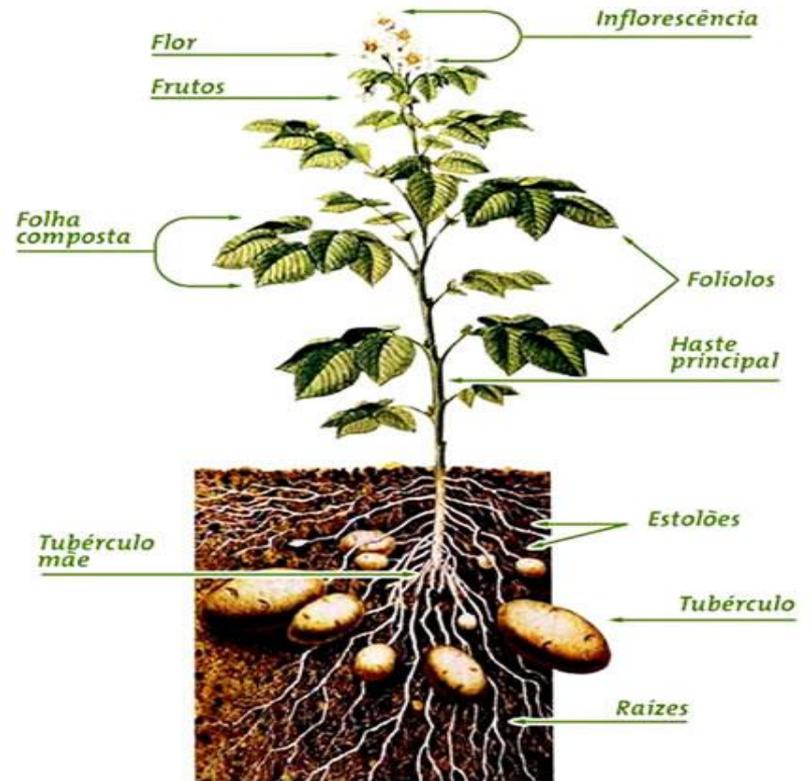
Reprodução Assexual

- Propagação vegetativa
- Multiplicação comercial das espécies - RÁPIDA E UNIFORME
- Não atua na modificação dos caracteres hereditários



- Não exclui a propagação sexual (batata, batata-doce)
- Espécies de ciclo longoperene (fruteiras)
- Espécies de ciclo curto (batata, cana-de açúcar, mandioca, morango)
- Em geral:

Alto grau de HETEROZIGOSE



Reprodução Sexual = segregação →

SELEÇÃO

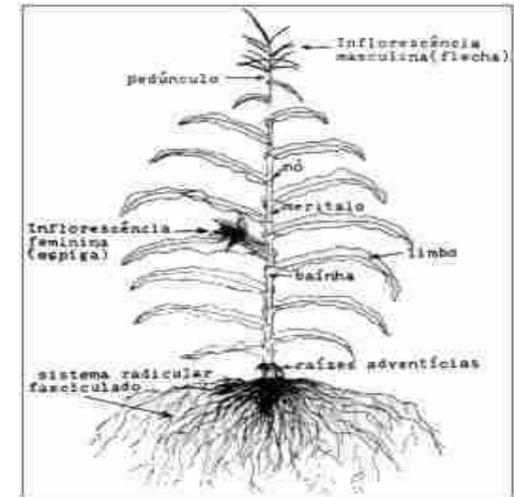
No melhoramento

- Identificação de indivíduos Superiores
- Multiplicação vegetativa
- Ensaios de competição
- Multiplicação e distribuição



Reprodução Sexual

- AUTÓGAMAS
 - Ex.: soja, feijão, trigo, arroz
- ALÓGAMAS
 - Ex.: milho, uva, repolho, manga
- Evolução: inicialmente todas as espécies seriam alógamas



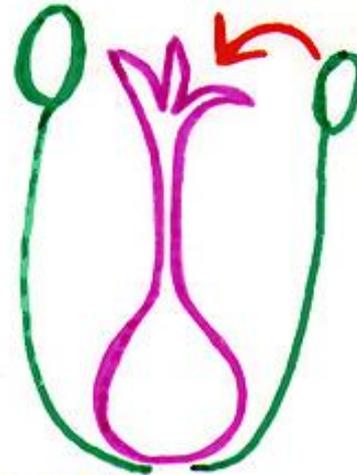
Plantas Autógamas

- São aquelas que realizam preferencialmente autofecundação (> 95%).
- A autofecundação ocorre quando o pólen (gameta masculino) fertiliza um óvulo (gameta feminino) da mesma planta.

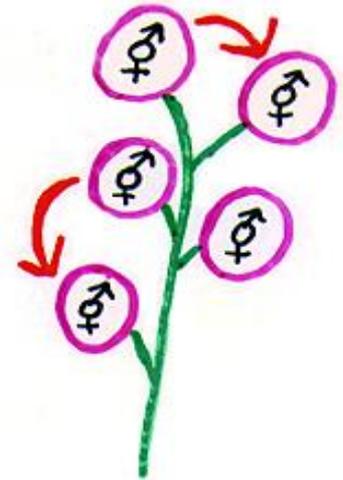
Plantas Autógamas

- Homozigose: alelos iguais em locos correspondentes de cromossomos homólogos (AABBccdd..)
- Uma população de plantas autógamas é representada por uma ou várias linhas puras

Self-pollination



same flower

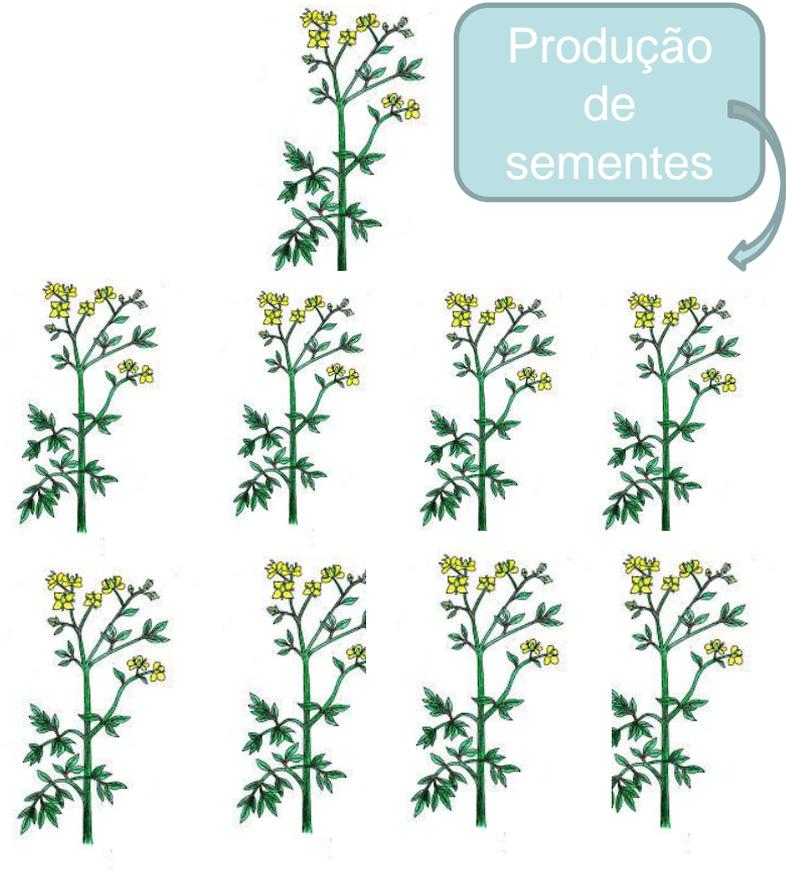


**different flowers
on same inflorescence**

Geitonogamia

O que é linha pura?

- É uma linha resultante da autofecundação de uma única planta homocigota.
- Uma planta que esteja em homocigose, não segregará na formação de gametas e produzirá descendentes com o mesmo genótipo se for multiplicada por autofecundação.



Pequena taxa de fecundação cruzada

- espécie
- insetos polinizadores
- intensidade do vento
- condições climáticas (temp. e umidade)
 - Ex.: alface - 6%;
 - feijão, fumo e trigo - 4%
 - soja < 1% ; tomate até 5%



Intermediárias

- Alta taxa de fec. cruzada (10 a 50%):
 - algodão, berinjela, café, quiabo, sorgo
- Freqüência de cruzamentos naturais x escolha de métodos
- Mesmós métodos que as autógamas

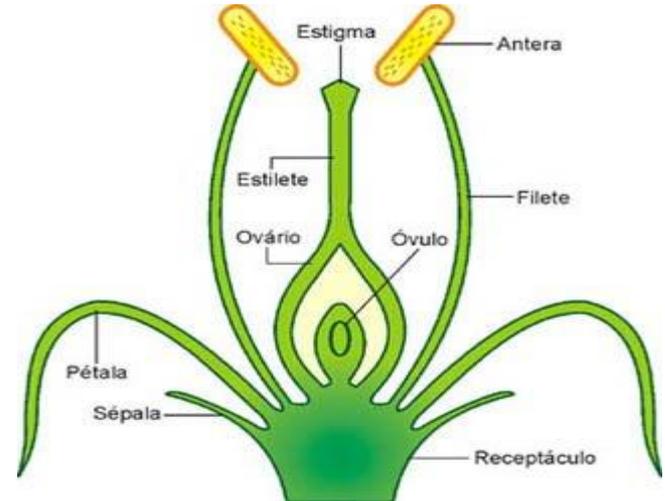


Determinação da taxa de cruzamento natural

- Procedimento experimental simples - gene marcador de fácil identificação
- Gene marcador expresso na fase de plântula facilita o procedimento
- Fileiras alternadas: gene marcador dominante e recessivo
- Coincidência no florescimento
- Colher as sementes nas plantas cujo gene marcador é recessivo
- Semear e avaliar a progênie
- Ex.: feijão

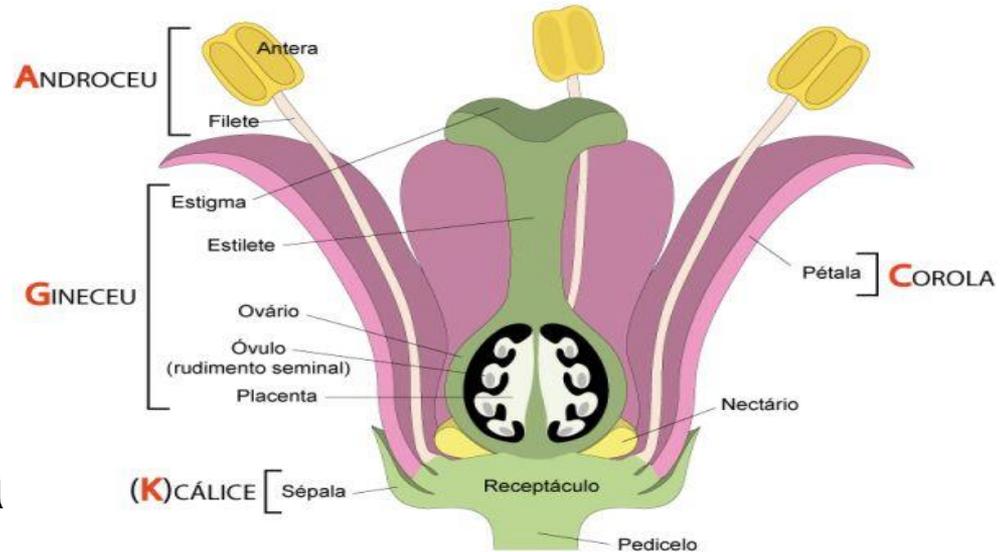
Condições para a autogamia:

- **Cleistogamia**
- Estruturas morfológicas.
 - Ex.: tomate (estigma cresce dentro de um cone de anteras)



Técnicas de hibridação

- Emasculação
- Polinização
- Porcentagem de pegamento
- Atenção: flor perfeita x autofecundação
- Macho-esterilidade



Plantas alógamas

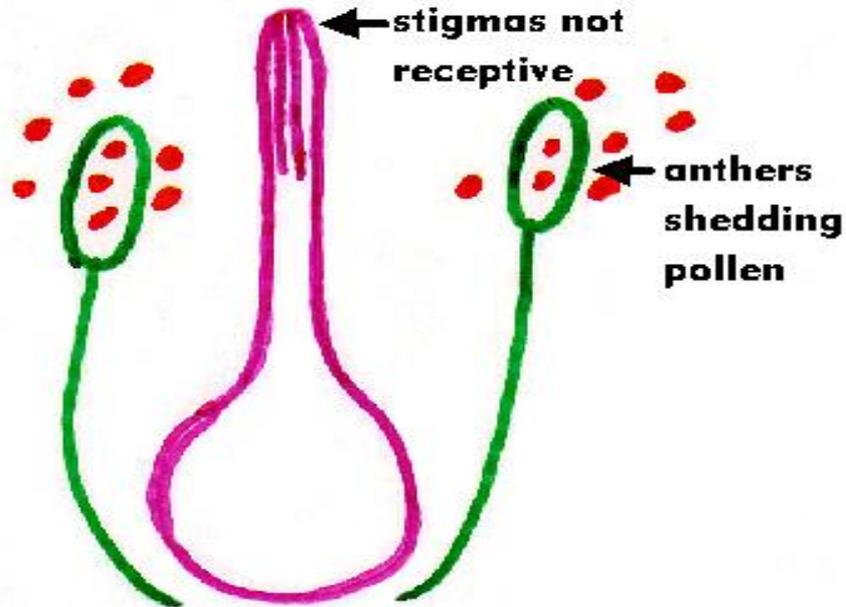
- São aquelas que realizam preferencialmente polinização cruzada (acima de 95%). Neste caso, a fertilização ocorre quando o pólen de uma planta fertiliza o óvulo da flor de outra planta.
- As espécies alógamas são caracterizadas pela heterozigose, apresentando heterose e endogamia.
- Populações panmíticas

Plantas Alógamas

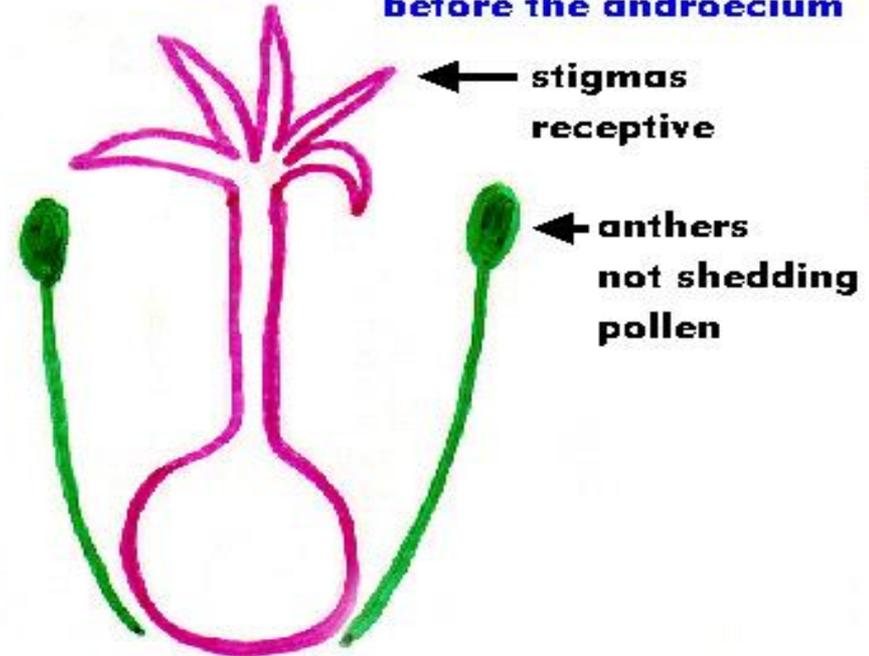
- Grupos (tipo de flor):
 - Hermafroditas: batata-doce, cebola, cenoura
 - Não há barreira (distância) entre F e M
 - Plantas monóicas: flores unissexuais femininas e masculinas na mesma planta. Exemplo: abóbora, mamona, melancia, melão, milho, pepino e seringueira.
 - Plantas dióicas: plantas com flores masculinas e plantas com flores femininas. Ex.: araucária, mamão

DICOGAMIA

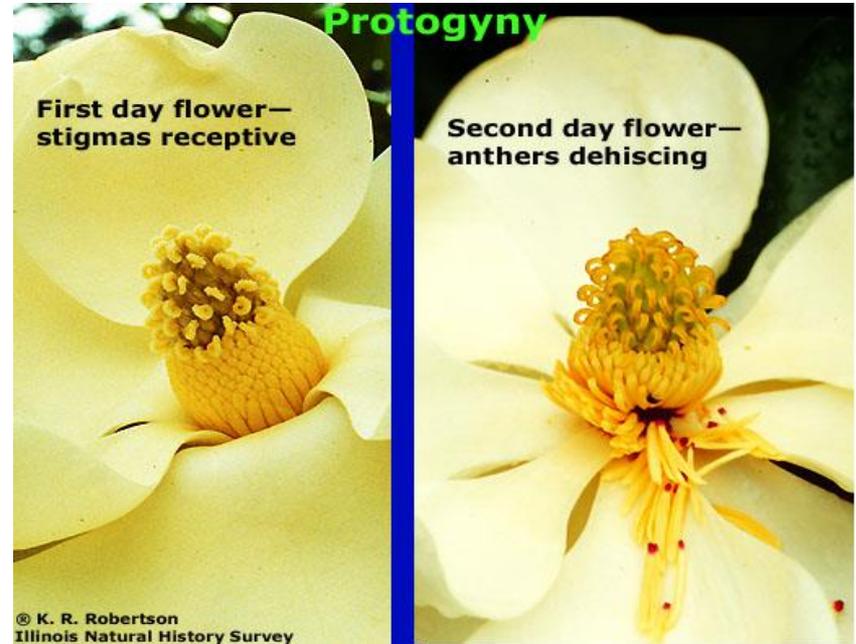
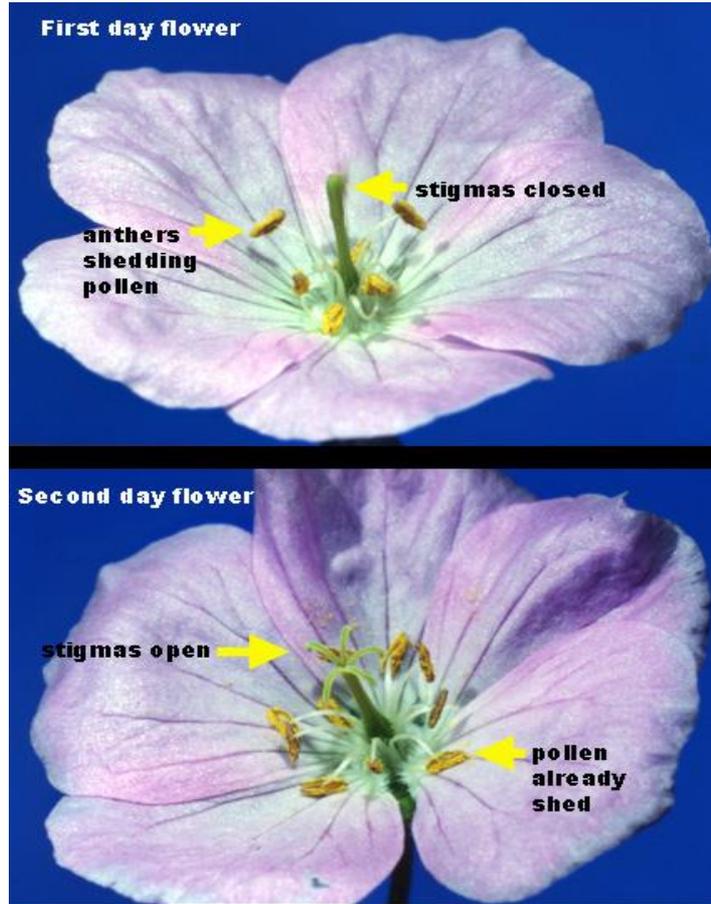
Protandry – the androecium matures before the gynoecium



Protogyny – the gynoecium matures before the androecium



Protandria e Protoginia



- Mecanismos de proteção da alogamia:

- Dioicia

- Plantas dióicas: mamão, espinafre

- Monoicia

- Plantas monóicas: abóbora, melancia, melão



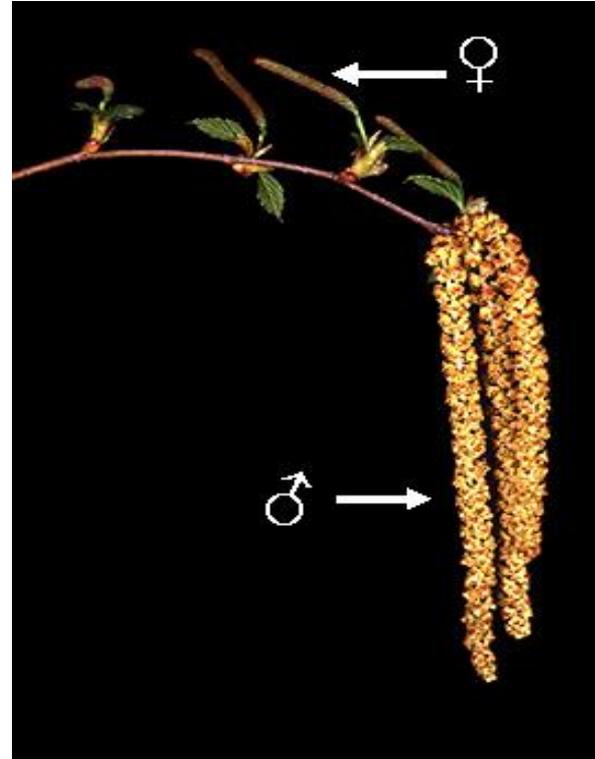
Dioecia

Plants Dioecious (Dioecy)



Monoicia

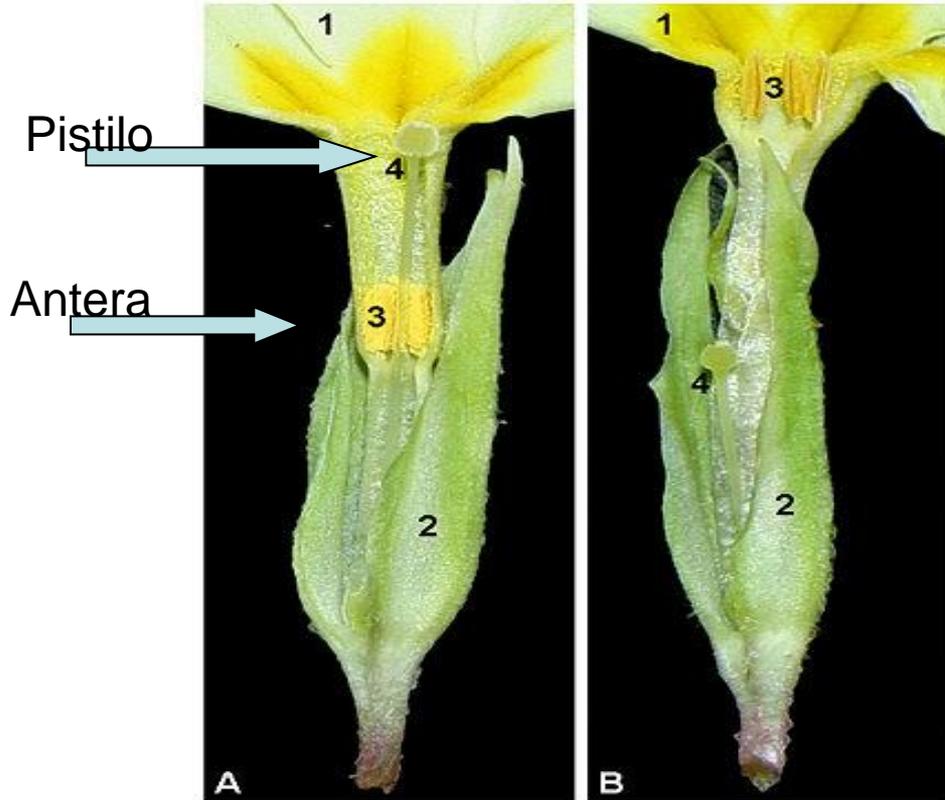
Plants Monoecious (Monoecy)



Heterostilia

Flores Pin

Flores Thrum



Primula vulgaris. Las flores *Pin* (A) presentan los filamentos de los estambres cortos y los pistilos largos. Las flores *Thrum* (B) muestran, en cambio, pistilos cortos y filamentos largos. Referencias: 1.- pétalos, 2.- sépalos, 3.- anteras de los estambres y 4.- pistilo. Las únicas polinizaciones legítimas son las que se producen en cruzamientos *Pin x Thrum* o *Thrum x Pin*

Autoincompatibilidade

Incapacidade de uma planta fértil formar sementes quando fertilizada por seu próprio pólen

Pólen não fecunda o óvulo da mesma flor
-Processo bioquímico:glicoproteína no estigma da flor

Gametofítico

-Gene S

-- Muitas formas alélicas



Não se obtêm sementes

Esporofítico

-Um só gene com alelos múltiplos

-Alelos com dominância



Não se obtêm sementes

Sistema Gametofítico

- Incompatibilidade completa
 - $S_1S_2 \times S_1S_2$
- Incompatibilidade Parcial
 - $S_1S_2 \times S_1S_3$
- Incompatibilidade Nula
 - $S_1S_2 \times S_3S_4$

Fumo, maçã, morango e pêra

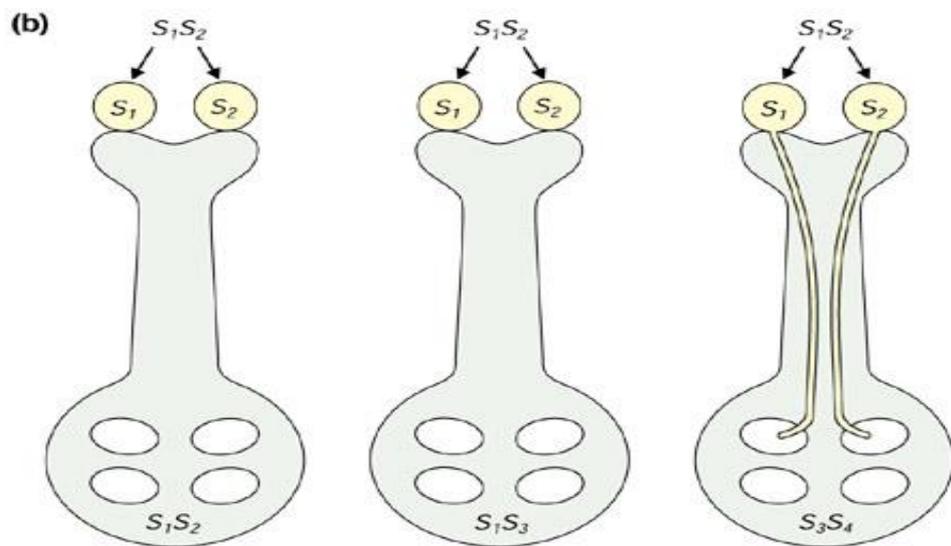
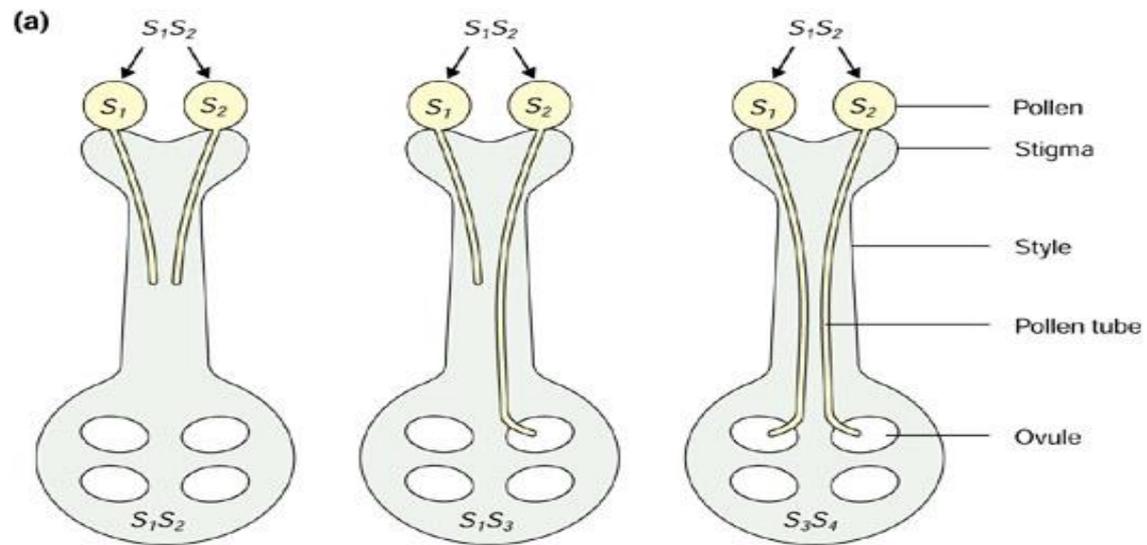
O fenótipo do pólen para a reação de incompatibilidade é determinado pelo alelo S que ele possui

Sempre haverá aborto do pólen quando houver alelos comuns nos genitores masculino e feminino.
Autofecundação = 100% aborto

Sistema Esporofítico

- É conferido ao pólen pela planta produtora do grão-de-pólen
- Incompatibilidade Total
 - $S_1S_2 \times S_1S_2$
 - $S_1S_2 \times S_1S_3$
- Incompatibilidade Nula
 - $S_1S_2 \times S_3S_4$

O que determinará a ocorrência ou não a incompatibilidade não será o alelo que o pólen carrega, mas sim os alelos presentes no tecido diploide da planta mãe



Esterilidade masculina

- Não há a produção de gametas masculinos viáveis, apesar de os órgãos florais femininos e as estruturas vegetativas não apresentarem qualquer anomalia.
- Papel importante no melhoramento de plantas, principalmente na produção de sementes híbridas

Esterilidade masculina

- Autoincompatibilidade x esterilidade
- Gametas não funcionais - razões:
 - aberrações cromossômicas
 - ação de genes
 - origem citoplasmática

Não é mecanismo normal de controle da hibridação em populações naturais

Causam:

-aborto de flores

-impedem desenvolvimento do pólen, do saco embrionário ou do endosperma

Tipos:

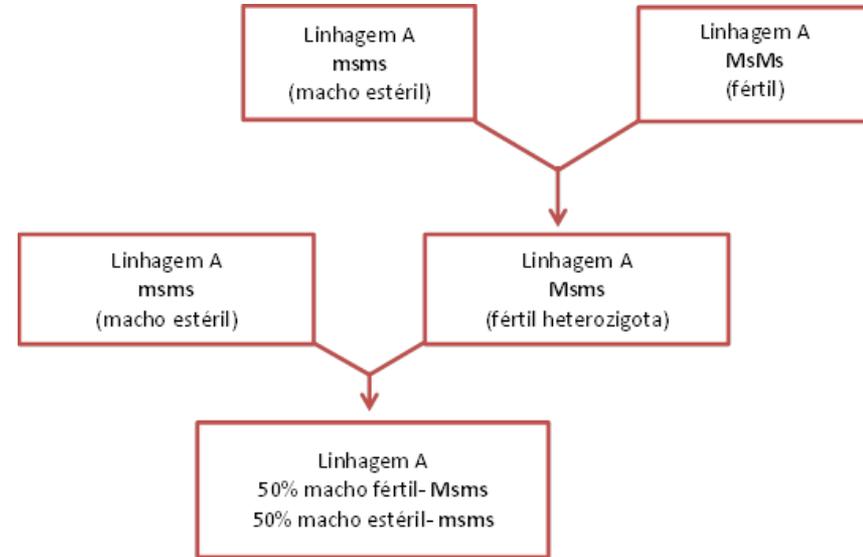
a) Esterilidade masculina genética

b) Esterilidade masculina citoplasmática

c) Esterilidade masculina genético-citoplasmática

a) Esterilidade masculina genética

- ✓ Esterilidade masculina de origem genética
- ✓ Esterilidade é recessiva
- ✓ Controlada por um gene
- ✓ Manutenção de macho-estéreis



b) Esterilidade masculina citoplasmática

- ✓ depende do citoplasma
- ✓ produção de sementes na presença de polinizadoras
 - ✓ F_1 - somente indivíduos ME
 - ✓ Manutenção:
 - ✓ ME X MF
 - ✓ F_1 (ME)

c) Esterilidade genético-citoplasmática

ME podem produzir descendentes férteis
(depende da planta polinizadora)

Genes "restauradores"

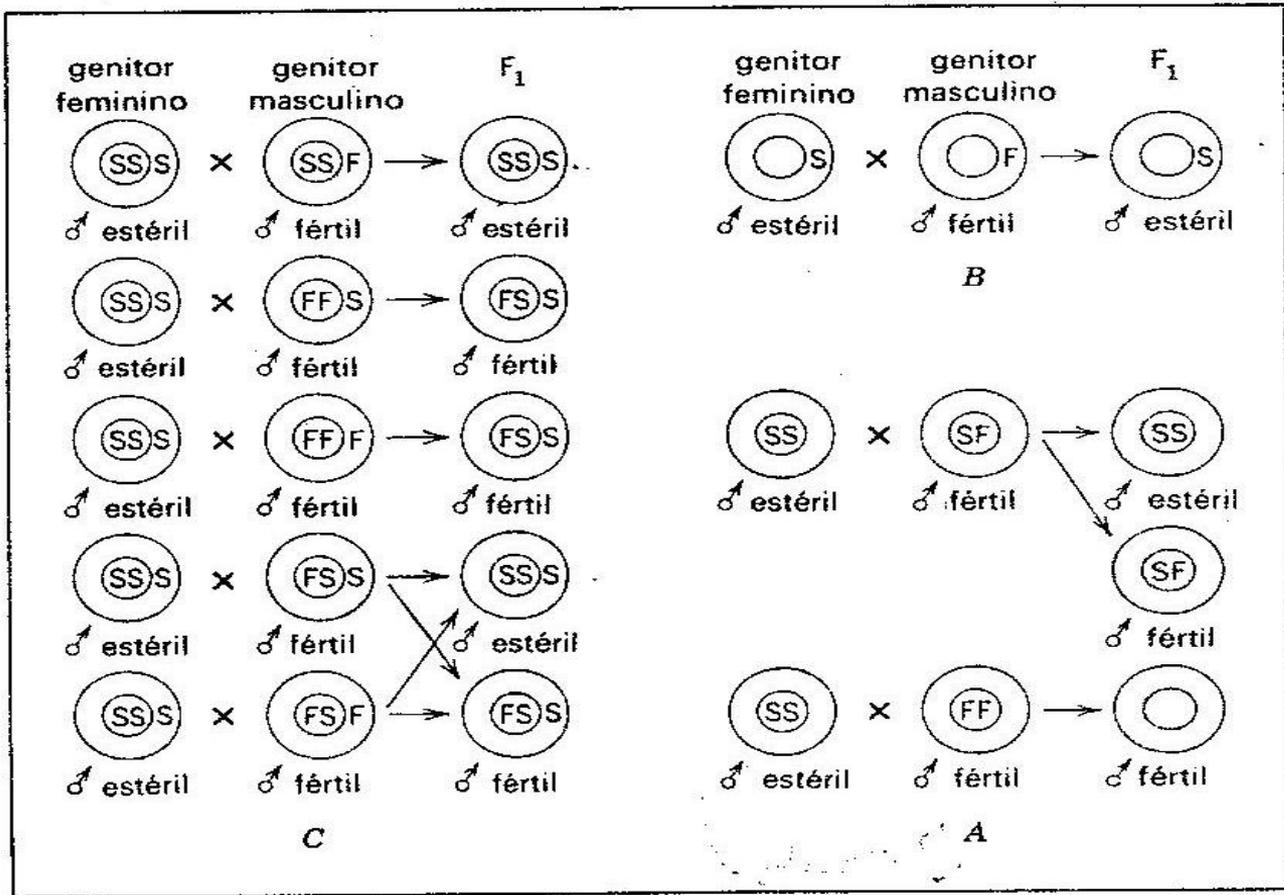


Fig. 20-4. Processo de herança de três tipos diferentes de esterilidade masculina: A, genética; B, citoplasmática; e C, citoplasmático-genética. As letras situadas nos círculos interiores representam fatores genéticos. As letras dos círculos exteriores referem-se a fatores citoplasmáticos. S significa macho-estéril e F macho fértil. F é dominante sobre S (nuclear).

Determinação do modo de reprodução

- Avaliar as estruturas florais
 - Flores hermafroditas: alógamas ou autógamas
 - Flores dióicas: alógamas
 - Flores monóicas: alógamas

Isolar as plantas - produção as sementes

Planta isolada

Não produziu semente
(não é autógama)

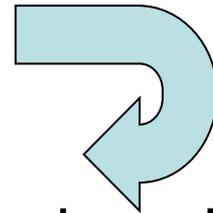
Produziu semente:

autógama

alógama

F₁

F₂



Comparar com o vigor da planta mãe

CONTROLE DA POLINIZAÇÃO

- Evitar polinização cruzada
 - campos de melhoramento
 - produção de sementes comerciais
 - isolamento no espaço
 - isolamento no tempo
 - barreiras artificiais contra a dispersão do pólen
- Dirigir a reprodução conforme as necessidades dos métodos