

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
 ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
 DEPARTAMENTO DE GENÉTICA  
 LGN0313 – Melhoramento Genético



## Recursos Genéticos

Prof. Fernando Angelo Piotto

[fpiotto@gmail.com.br](mailto:fpiotto@gmail.com.br)

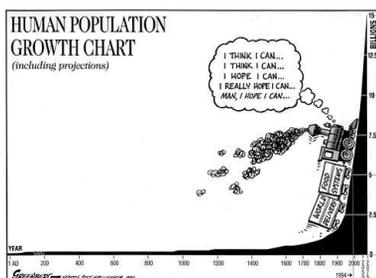
Piracicaba, 04 de março de 2016

## O homem depende das plantas

- **Alimentação direta e indireta**
  - **Direta:** arroz, feijão, trigo, açúcar, frutas...
  - **Indireta:** carne, ovos, leite, queijos, peixes...
- **Combustíveis**
- **Vestuário**
- **Remédios**
- **Cosméticos**



## Demanda por Alimentos



[http://getiasousperman.files.wordpress.com/2011/05/population\\_growth1.jpg](http://getiasousperman.files.wordpress.com/2011/05/population_growth1.jpg)

## Demanda por Alimentos

- **Necessidade de aumentar a produção de alimentos, combustíveis, tecidos, fármacos, etc**
  - Produção de alimentos precisa aumentar em 60% até 2050



## Demanda por Alimentos

- **Possíveis caminhos:**
  - Aumento da área cultivada
  - Melhoramento ambiental
  - Melhoramento genético

## Demanda por Alimentos

- **Possíveis caminhos:**
  - Aumento da área cultivada
  - Melhoramento ambiental
  - Melhoramento genético



## Demanda por Alimentos

### • Melhoramento Genético

- É a ciência e a arte da manipulação genética das plantas para torná-las mais úteis ao homem (Allard, 1977) - *Business*

## Breve histórico: A origem da agricultura

### • Início da agricultura

- Entre 13.000 - 10.000 anos atrás

Caçadores-Coletores  
Nômades



Agricultores  
Sedentários

Geps e Papa (2002)

## Breve histórico: A origem da agricultura

### • Causas?

- Desequilíbrio entre oferta e demanda de alimentos

- Aumento da população
- Mudanças climáticas



- Agricultura teria surgido inicialmente para complementar a quantidade de alimentos obtidos por meio de coleta e caça
- Posteriormente, a agricultura se tornaria a principal forma de obtenção de alimentos

Geps e Papa (2002)

## Breve histórico: A origem da agricultura

### • Causas?

- Cerveja!

Josef H. Reichhoff  
Livro: "Warum die Menschen sesshaft wurden"  
("Por que os homens se tornaram sedentários")



<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL753434-5603,00-HOMEM-SE-TORNOU-AGRICULTOR-PARA-BEBER-CERVEJA-DIZ-BIOLOGO.html>

## Domesticação

- Seleção **consciente** ou **inconsciente** de caracteres
- Alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas
  - Tornam-se distinguíveis de seus ancestrais selvagens

## Domesticação

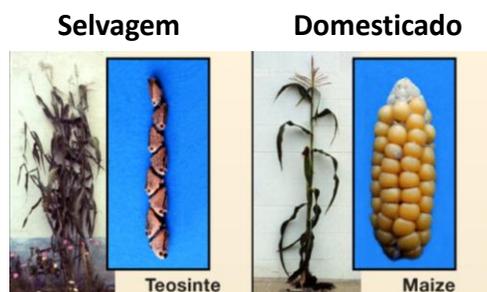
- Seleção contra **deiscência** dos grãos
- Seleção contra **dormência** de sementes



## Processos Evolutivos e Domesticação

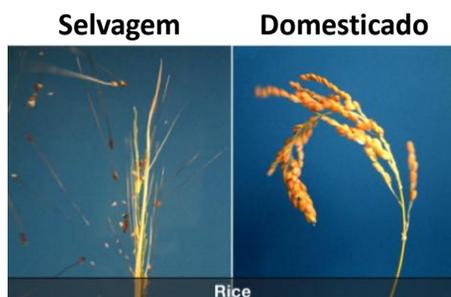
- **Seleção**
  - Natural e Artificial
  - Força evolutiva mais significativa na domesticação de plantas cultivadas
- **Seleção e a Síndrome da Domesticação**
  - Seleção consciente ou inconsciente de caracteres levou a grandes alterações na morfologia das plantas

## Síndrome da Domesticação



Doebley *et al.* (2006)

## Síndrome da Domesticação



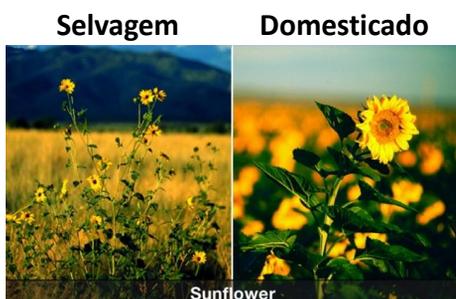
Doebley *et al.* (2006)

## Síndrome da Domesticação



Doebley *et al.* (2006)

## Síndrome da Domesticação



Doebley *et al.* (2006)

## Síndrome da Domesticação

- **Perda da capacidade de dispersão sementes**
- **Perda da dormência**
- **Crescimento mais compacto, menos ramificações**
- **Redução de substâncias tóxicas**
- **Alteração das interações:**
  - plantas x patógenos
  - plantas x microorganismos

Maior  
rendimento!



## Contexto Atual da Agricultura

- **Substituição de cultivares locais** por cultivares melhorados, causando aumento da **homogeneidade de genótipos** (poucos cultivares empregados)
- **Consequência:** Aumento da vulnerabilidade (susceptibilidade) a novas pragas e doenças
  - **Monocultivo**

## Vulnerabilidade Genética

- **Fatos Históricos**
  - Irlanda: Cultivo de variedade **Lumper de batata**
  - **Requeima da Batata (*Phytophthora infestans*)**
    - Irlanda: 1845 – 1849 (“Fome da Batata”)
    - Morte de 1,5 milhões de pessoas
    - Mais 1 milhão de pessoas migraram do país



## Vulnerabilidade Genética

- **Fatos Históricos**
  - **Videira: Pulgão de Raiz (*Phylloxera*)**
    - 1860 – França
  - **Ferrugem-do-colmo-do-trigo (*Puccinia graminis*)**
    - 1947 – EUA
  - **Mal das Folhas em Seringueira (*Microcyclus ulei*)**
    - 1928 – Brasil
  - **Helmintosporiose no Milho (*Helminthosporium maydis*) – citoplasma T de macho-esterilidade**
    - 1970 – EUA e alguns países

## Vulnerabilidade Genética

- **Melhoramento Genético**
  - **Erosão Genética**
    - Perda de Genótipos
    - Perda de Alelos
- **Como reduzir a vulnerabilidade genética, evitando novos incidentes na agricultura?**

## Recursos Genéticos Vegetais

- **Utilização de Recursos Genéticos**
  - Preservar e explorar de forma adequada
- **Recursos Genéticos Vegetais**
  - Fração da biodiversidade que possui uso potencial no melhoramento de plantas

## Recursos Genéticos Vegetais

- **Diversidade:**
  - **Diversidade Genética**
    - Em nível de genes e cromossomos
  - **Diversidade de Espécies**
    - Número de tipos diferentes de plantas
  - **Diversidade Ecológica**
    - Tipos diferentes de comunidades de plantas e as relações entre elas

## Recursos Genéticos Vegetais

- **Bancos de Germoplasma:**
  - Locais onde são guardadas amostras plantas (sementes, tecidos, órgãos, etc), os quais possuem uma fração representativa dos genes das plantas
- **Destina-se a:** coletar, preservar, caracterizar, distribuir, avaliar e regenerar acessos de plantas

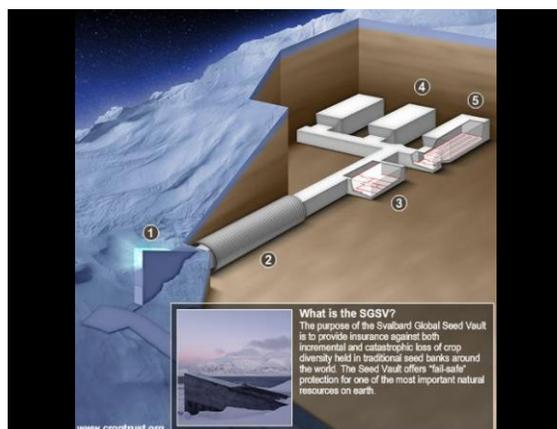
Mantém uma amostra da variabilidade genética!!!

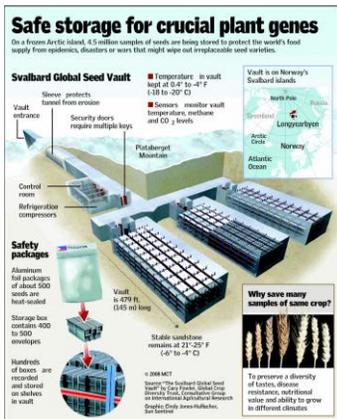
## Recursos Genéticos Vegetais

- **Recursos genéticos na agricultura**
  - Espécies selvagens
  - Variedades crioulas
  - Cultivares antigas
  - Cultivares modernas
- **Formação de Bancos de Germoplasma**

## Exemplos de Bancos de Germoplasma

- **CENARGEN**
  - Centro Nacional de Recursos Genéticos
    - Coordena os Bancos de Germoplasma no Brasil
- Amendoim, Café, Palmito (IAC, Campinas)
- Milho e Sorgo (CNPMS, Sete Lagoas)
- Soja e Girassol (CNPSo, Londrina)
- Arroz e Feijão (CNPAP, Goiânia)
- Milho e Trigo (CIMMYT, México)
- Tomate (TGRC, EUA)
- Orquídea (ESALQ/USP)
- Hortaliças (ESALQ/USP)





### Coleta de Germoplasma

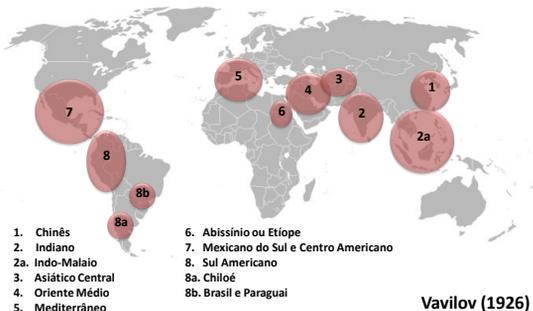
- Centro de Origem**
    - Local onde as espécies se originaram e evoluíram (espécies apareceram em locais específicos)
  - Centro de Diversidade**
    - Locais com maior variabilidade da espécie
      - O centro de origem pode ter desaparecido
      - Migração da espécie
  - Centro de Domesticação**
    - Local onde a espécie passou do estado selvagem para o estado domesticado (pelo homem)
- ← Coletas de Germoplasma
- Centro de Origem e Diversidade nem sempre são o mesmo

### Nikolai Ivanovich Vavilov



- Geneticista soviético (1887-1943)
- Viajou por 52 países coletando sementes de plantas cultivadas/selvagens buscando padrões de distribuição geográfica
- Identificação de 8 centros de origem e diversidade

### Centro de Origem e Diversidade



### Centro de Diversidade das Plantas Cultivadas

- Chinês:** soja; feijão
- Indiano => 2a. Indo-Malaio:** arroz; banana; manga; cana-de-açúcar
- Asiático Central:** linho; ervilha; uva
- Oriente Próximo:** aveia; alface
- Mediterrâneo:** beterraba; brássicas
- Abissínio:** café; melancia
- Mexicano do Sul e Centro-Americano:** algodão; feijão; mamão; milho
- Sul-Americano:** Peru, Equador e Bolívia: batata; goiaba; tomate
- Chilôé:** morango
- Brasil-Paraguai:** abacaxi; amendoim; cacau; maracujá; seringueira

## Centro de Origem e Diversidade



## Centro de Diversidade das Plantas Cultivadas

1. **China-Japão:** soja, citros, bambu, damasco, kiwi
2. **Indochina-Indonésia:** arroz, banana, coco, laranja lima
3. **Austrália:** eucalipto, acácia, noz-macadâmia
4. **Industão (Índia e Malásia):** cana, manga, algodão perene
5. **Ásia Central:** trigo, *Allium*, melão, lentilha
6. **Oriente Médio:** ervilha, cevada, gergelim, centeio
7. **Mediterrâneo:** brássicas, uva, colza, oliveira, linho
8. **África:** café, dendê, caupi, sorgo, mamona, milheto
9. **Europa-Sibéria:** alfaca, maçã, pera, pêssego
10. **América do Sul:** mandioca, abacaxi, seringueira, maracujá, cacau, tomate
11. **América Central e México:** milho, feijão, batata, cucurbitáceas, pimenta
12. **América do Norte:** morango, girassol, ameixa, framboesa, amoras

## Centro de Diversidade

- **Importância:**
  - **Ecologia:** áreas de proteção e conservação
  - **Melhoramento:** aproveitamento da variabilidade
- **Coletas de germoplasma**
  - Coleta de recursos genéticos podem ser divididos em categorias

## Formação de Bancos de Germoplasma

Espécies silvestres

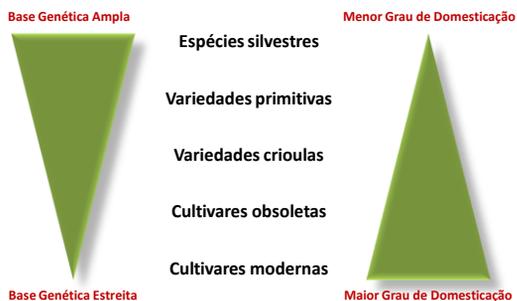
Variedades primitivas

Variedades crioulas

Cultivares obsoletas

Cultivares modernas

## Formação de Bancos de Germoplasma



## Formação de Bancos de Germoplasma

- **Obtenção de Germoplasma por meio de intercâmbio**
  - Quarentena (CENARGEN)
  - Laudo fitossanitário
- **Exemplo:**
  - <http://tgrc.ucdavis.edu/>

## Formação de Bancos de Germoplasma

### • Coletas de Germoplasma

#### – Tipos de Locais

- Hortas, pomares, mercados, habitats silvestres

#### – Prioridades de Coleta

- Variedades obsoletas, raças locais, áreas com mudanças severas

#### – Dados de Coleta

- Local (georreferenciamento), condições do ambiente, informações completas

## Formação de Bancos de Germoplasma

### • Coletas de Germoplasma

- Considerar o Tamanho Efetivo Populacional

$$\widehat{N_e} = \frac{n}{1 + \hat{f}}$$

Coleta ao acaso de n indivíduos

n = 100 e f = 0	Ne = 100
n = 100 e f = 1	Ne = 50

- Ne = Tamanho Efetivo Populacional
  - Representa o número de plantas do ponto de vista genético
- n = Número de Plantas (tamanho físico)
- f = Coeficiente de Endogamia da espécie (possível estimar com marcadores)

## Caracterização de Germoplasma

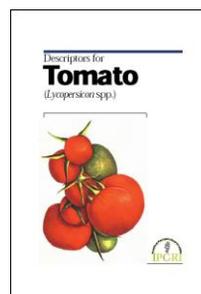
### • Agromorfológica

- Uso de descritores fenotípicos

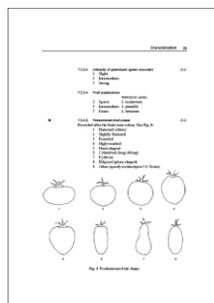
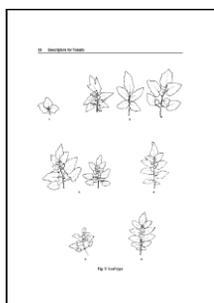
### • Molecular

- Uso de marcadores moleculares

## Caracterização Agromorfológica

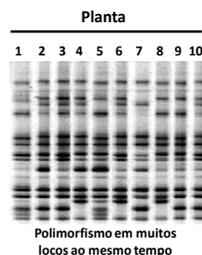


## Caracterização Agromorfológica



## Caracterização Molecular

### • Identificação e caracterização de acessos



Caracterização de Germoplasma

Caracterização do padrão de bandas de cada acesso

## Avaliação do Germoplasma

- **Combinação de Caracteres**
  - Morfológicos + Moleculares
- **Identificação botânica**
- **Cadastro de acessos por espécie**
- **Avaliação preliminar**
  - Caracteres com uso potencial no melhoramento
- **Avaliação complementar**
  - Experimentos com equipes multidisciplinares

## Organização das Informações

- Sistemas de organização e gerenciamento dos dados
- Organização dos acessos
- Compartilhamento da informações com outros bancos de germoplasma
- Uso e disponibilização para intercâmbio



## Formação das coleções de Germoplasma



## Coleções de Germoplasma

- **Tipos de Coleção**
  - **Coleção Base:** Longo prazo (segurança nacional)
  - **Coleção Ativa:** Curto e médio prazo (BAG)
  - **Coleção Nuclear:** Representa a variabilidade genética da espécie
  - **Coleção de Trabalho:** Coleção do melhorista

## Conservação do Germoplasma

- **Depende do tipo de reprodução da espécie**
  - **Autógamas**
    - Mais fácil
  - **Alógamas e propagação vegetativa**
    - Intermediária a deficiente (difícil manutenção)

## Conservação do Germoplasma

- **Câmaras frias**
  - Sementes
  - Partes de plantas

## Baixa temperatura e baixa umidade

Evitar o envelhecimento precoce  
Manter a viabilidade dos materiais



## Conservação do Germoplasma

### • Tipos de Sementes

- **Ortodoxas:** suportam redução até 4 a 6% de umidades e temperaturas de -18 a -20 °C
  - Ex.: milho, soja, tomate, arroz, pimentão, pimentas, trigo, sorgo, etc
- **Recalcitrantes:** não suportam redução na umidade
  - Ex.: manga, seringueira, abacate, café, citros, cacau, coco, tucumã, pupunha, etc

## Conservação do Germoplasma

### • Tipos de Conservação

- *In situ*
- *Ex situ*
- *In vitro*
- *In vivo*
- *On farm*



## Conservação do Germoplasma

### • Tipos de Conservação

- ***in situ*** - na natureza, ou seja, no próprio local de origem
- ***ex situ*** - fora do local de origem banco de sementes (câmaras frias)
  - Menor custo de manutenção
    - sementes ortodoxas

## Conservação do Germoplasma

- **In vitro**

- cultura de tecidos (espécies de reprodução vegetativa e sementes recalcitrantes)



## Conservação do Germoplasma

- **Conservação in vitro**

- **Vantagens**

- Facilita o intercâmbio de germoplasma
- Menor necessidade de espaço físico
- Limpeza clonal – Maior qualidade fitossanitária

- **Desvantagens**

- Variação somaclonal
- Custo elevado

## Conservação do Germoplasma

- **In vivo – Mantidas no campo**

- Sementes recalcitrantes e plantas propagadas vegetativamente

- **On farm – Mantidas pelos próprios produtores em suas propriedades**

- Não é estática
- Constantes mudanças
  - Processo contínuo de seleção e melhoramento pelas comunidades

## Considerações Finais

- Os recursos genéticos constituem a base da variabilidade genética para uso no melhoramento genético de plantas
- A conservação e caracterização dos recursos genéticos em bancos de germoplasma são de fundamental importância para obtenção e utilização de genes disponíveis para os diversos propósitos do melhoramento

## Referências

- Borém A e Miranda GV (2013) (6ed.) **Melhoramento de plantas**. Editora UFV, Viçosa, 523p. (Cap. 6 e 13)
- Destro D e Faria RT (1999) Variabilidade genética e germoplasma. In: Destro D e Montalván R (Ed.) **Melhoramento genético de plantas**. Editora UEL, Londrina, p. 27-38.
- Nass LL (2001) Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: Nass LL, Valois ACC, Mello IS e Valadares-Ingilis MC (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento**. Fundação MT, Rondonópolis, p. 29-55.
- Odong TL et al (2013) Quality of core collections for effective utilisation of genetic resources review, discussion and interpretation. **TAG 126:289–305**.
- Vencovsky R (1987) Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais 35: 79-84**.
- Walter BMT et al (2005) Princípios da coleta de germoplasma. In: Walter BMT e Cavalcanti TB (Ed.) **Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal**. Embrapa, Brasília, p. 139-177.