

Disciplina: Genética e Questões Socioambientais

Prof: José Baldin Pinheiro



Como os humanos domesticaram as plantas?

O caso do milho

Flaviane Malaquias Costa

Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP)

Mestre em Recursos Genéticos Vegetais (UFSC)

Orientadora: Elizabeth Ann Veasey

Laboratório de Genética Ecológica de Plantas

Departamento de Genética

Universidade de São Paulo - ESALQ/USP



30 DE AGOSTO DE 2018

Imagens: Arquivo InteraBio

Evolução do Milho

Origem e Domesticação

DE ONDE VEIO?

Vale do Rio Balsas, sul do México

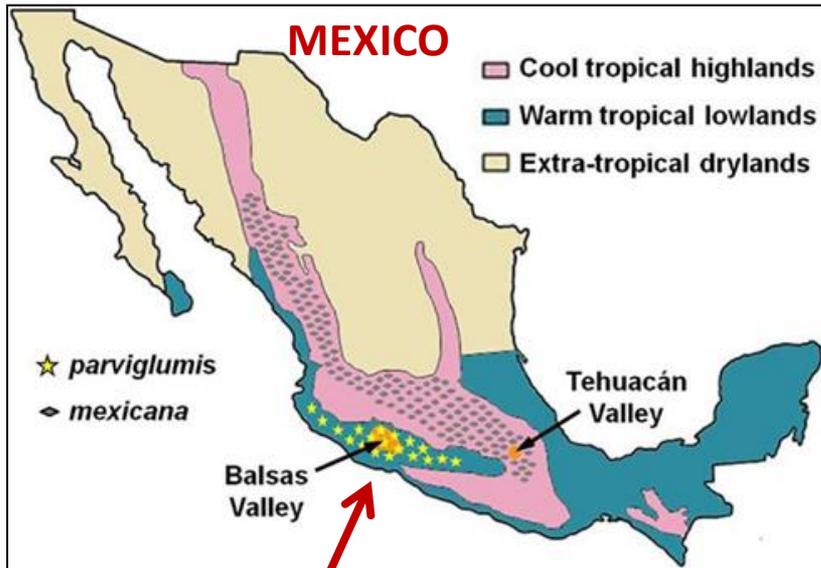


Imagem: Sawers e Leon, 2011



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

QUANDO?

Evidências arqueológicas

“A prova mais direta da existência antiga de uma espécie em um local pela verificação de fragmentos arqueológicos, em uma certa data.”



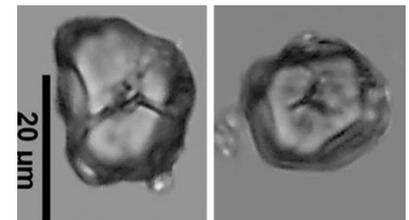
Coleções do Museu Robert S. Peabody, Smithsonian Institution. Sabugos de Milho (5.300 a 1.200 anos AP), Tehuacan, Mexico.

Imagem: Donald E. Hurlbert, Smithsonian Institution.

Fitólitos

Microestruturas minerais de sílica presentes em diversas partes da planta. Se formam naturalmente dentro de tecidos vegetais e resistem melhor ao intemperismo, podendo ser preservados após a decomposição da planta. Sua forma é específica para cada espécie, sendo testemunha da ocorrência de determinada espécie em um local e data (Freitas, 2001).

Amido



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

QUANDO?

9.000 anos antes do presente (AP)

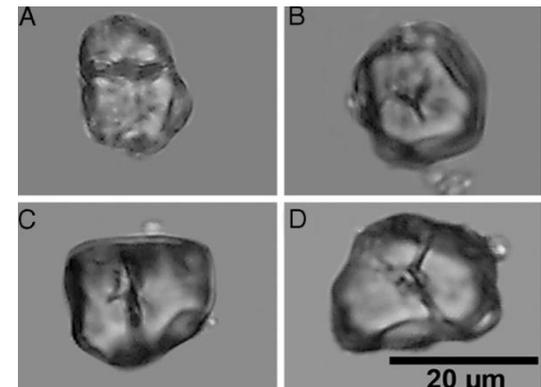


Coleções do Museu Robert S. Peabody, Smithsonian Institution. Sabugos de Milho (5.300 a 1.200 anos AP), Tehuacan, Mexico.

Imagem: Donald E. Hurlbert, Smithsonian Institution.

Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico

Dolores R. Piperno^{a,b,1}, Anthony J. Ranere^{b,c}, Irene Holst^b, Jose Iriarte^d, and Ruth Dickau^c *PNAS*, 2009



Laboratory of Archaeology

Base de dados interativa:
amostras arqueológicas de milho



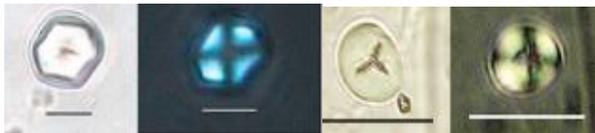
Evidence for mid-Holocene rice domestication in the Americas

Lautaro Hilbert¹, Eduardo Góes Neves², Francisco Pugliese², Bronwen S. Whitney³, Myrtle Shock⁴, Elizabeth Veasey⁵, Carlos Augusto Zimpel⁶ and José Iriarte⁶*

5.300 anos AP, Rondônia
(Freitas et al., 2003)

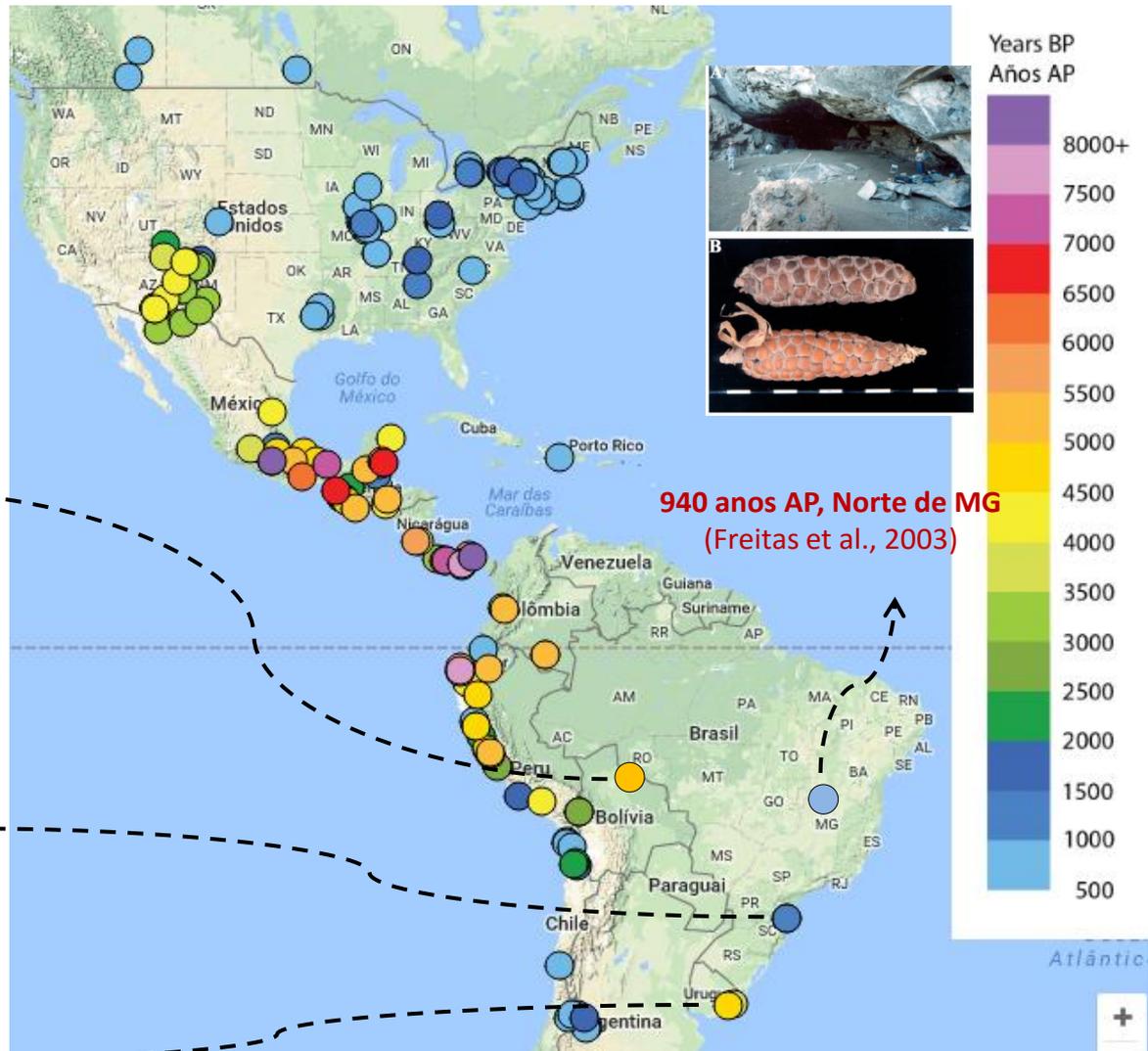
Evaluating microfossil content of dental calculus from Brazilian sambaquis

Verônica Wesolowski,¹ Sheila Maria Ferraz Mendonça de Souza,² Karl J. Reinhard³ and Gregório Ceccantini⁴



Amido de milho em dentes arqueológicos:
1.200 a 1.500 anos AP, SC/Brasil
(Wesolowski et al. 2010)

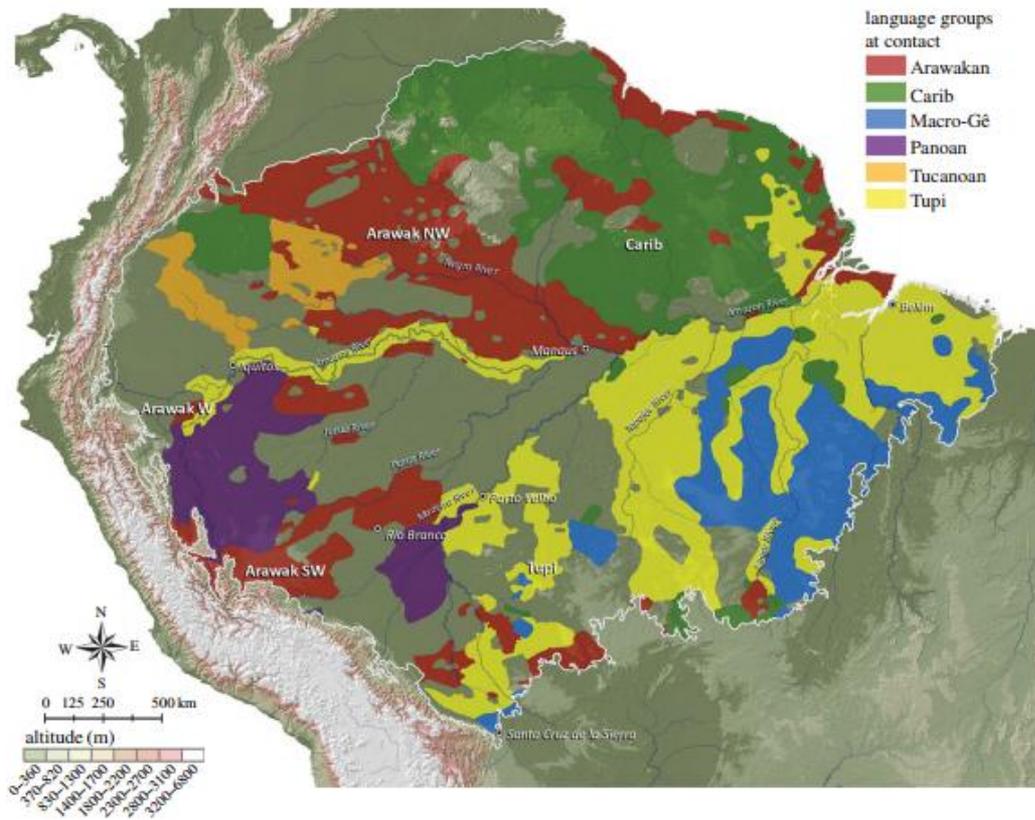
4.190 anos AP no Uruguai
(Iriarte et al., 2004)



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

Grupos linguísticos da Amazônia, no contato



QUANDO?

Evidências Linguísticas

Nomes para as espécies, especialmente em línguas nativas

Permite diagnosticar se uma espécie foi importante?

Para Quem? Onde? Quando?

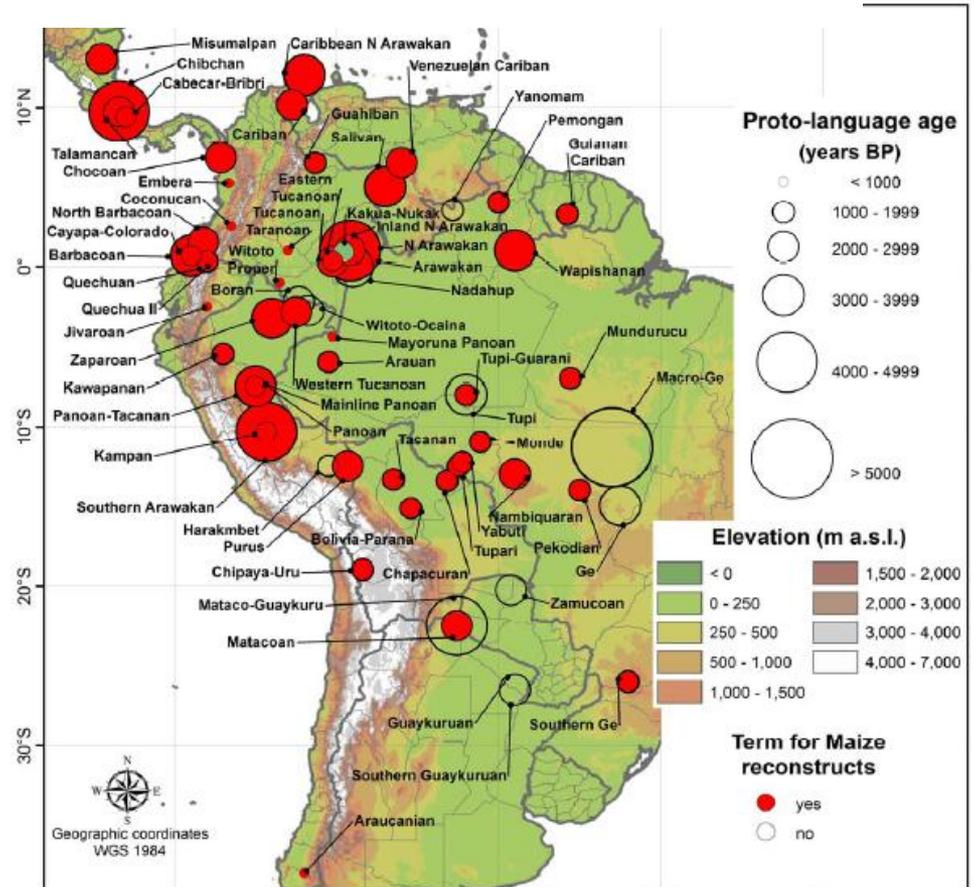
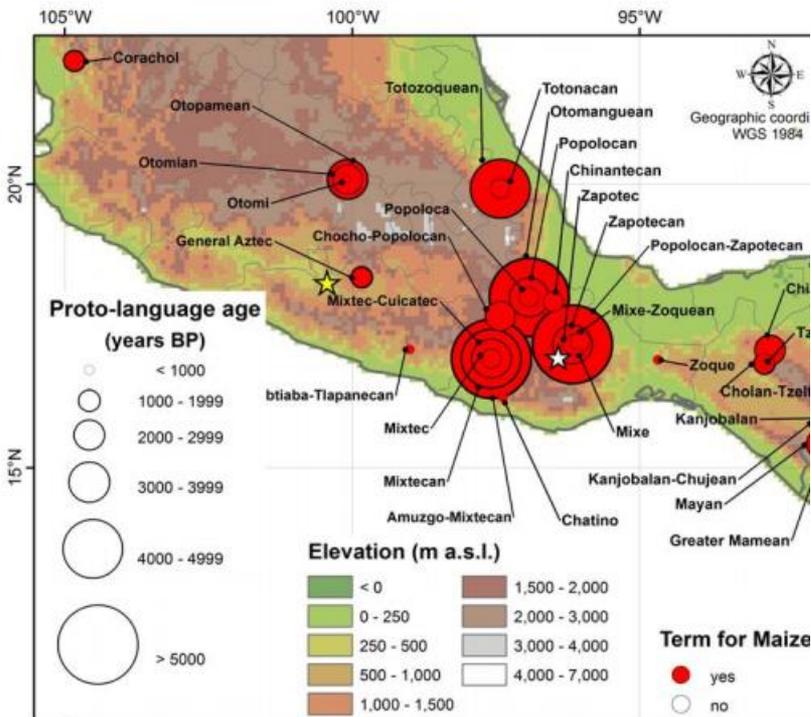


The Paleobiolinguistics of Maize (*Zea mays* L.)

Cecil H. Brown^{1*}, Charles R. Clement², Patience Epps³, Eike Luedeling⁴, and Søren Wichmann⁵

Author address: ¹Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA, ²Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil, ³University of Texas at Austin, Austin, TX, USA, ⁴World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya, ⁵Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, Germany, and Kazan Federal University, Kazan, Russia

* Corresponding author: brown.cecil@yahoo.com



Evolução do Milho

Origem e Domesticação

COMO?

Gênero Zea: 5 espécies e 4 subespécies

Zea mays ssp. Parviglumis

Ancestral do milho (Teosinto ou Teosinte)

Origem do nome: Índios Nahuátl - significa: grãos dos Deuses

“Raças domesticadas mostram adaptação para o uso do homem”

Que tipo de seleção?

Consciente e Inconsciente



Filogenia do gênero *Zea* baseada em ~ 1000 SPNs.

Fonte: Hufford et al. 2012

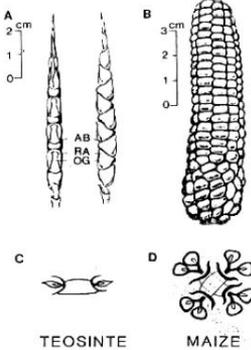
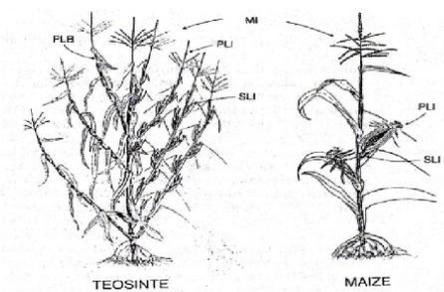


Imagem: Google Images

Origem e Domesticação

COMO?

Síndrome da Domesticação



Mudança radical na morfologia sob domesticação

Beadle (1980): acúmulo de cerca de 5 mutações p/ mudar do teosinte para o milho
Diferenças entre o milho e seu ancestral (teosinte)

Muitos ramos laterais em comparação com a espécie cultivada (um colmo)

1 ou 2 fileiras de grãos _____ 4 (ou mais) fileiras de grãos

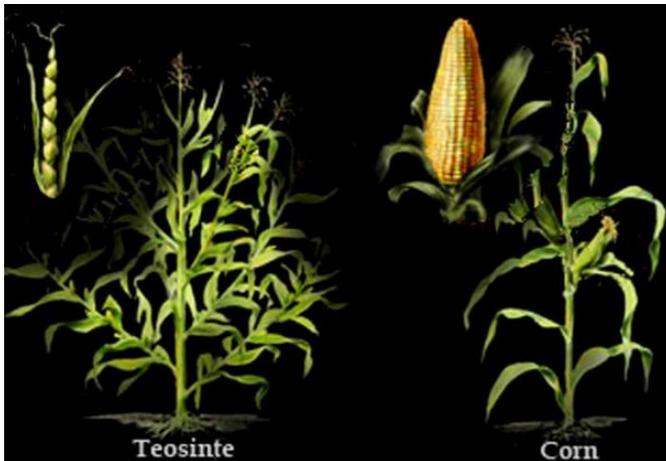
Espiguetas simples _____ Espiguetas aos pares

Glumas externas duras _____ Glumas externas macias

Espigas deiscentes _____ Espigas não deiscentes

Inflorescências laterais masculinas _____ Inflorescências laterais femininas

Ramos laterais primários longos _____ Ramos laterais primários curtos

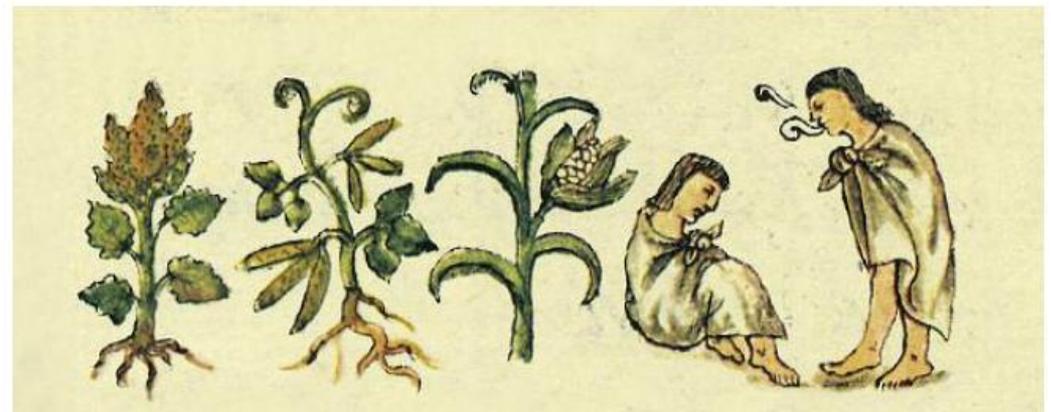


Evolução do Milho

Origem e Domesticação

QUEM?

Civilizações indígenas



Codice Florentino – Acervo IBUNAM

Evolução do Milho

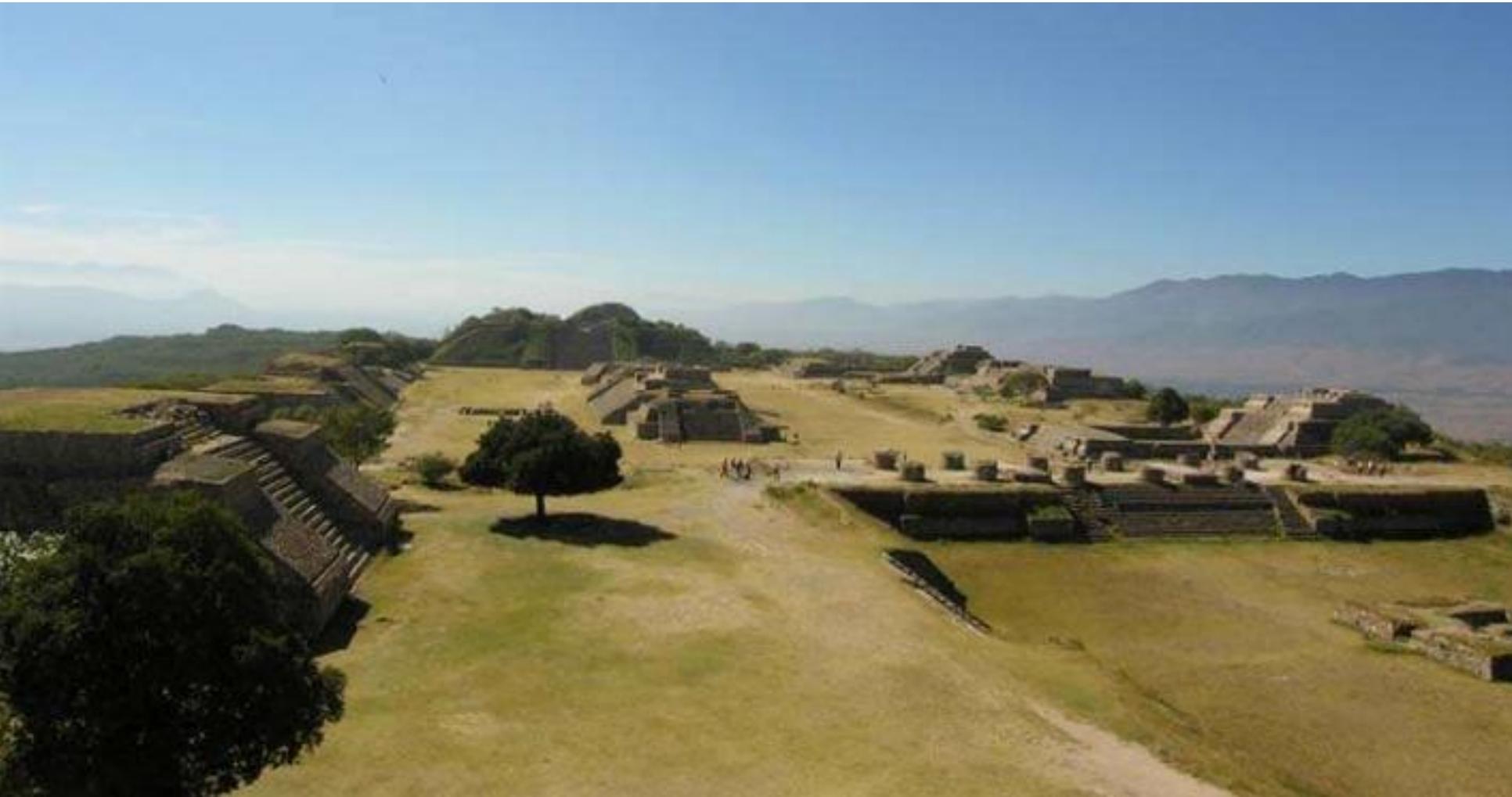


Deus do milho – Maia

Início da civilização: ***Cerca de 4618 anos A.P.***



Monte Alban (Oaxaca, México)
Capital dos Zapotecas
2518 a 1268 anos A.P.



Evolução do Milho



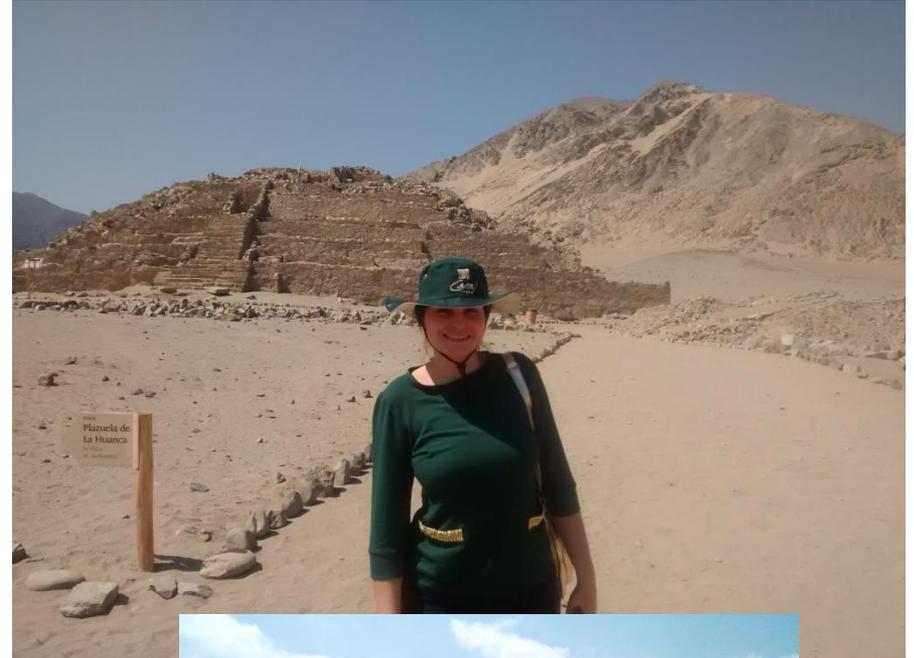
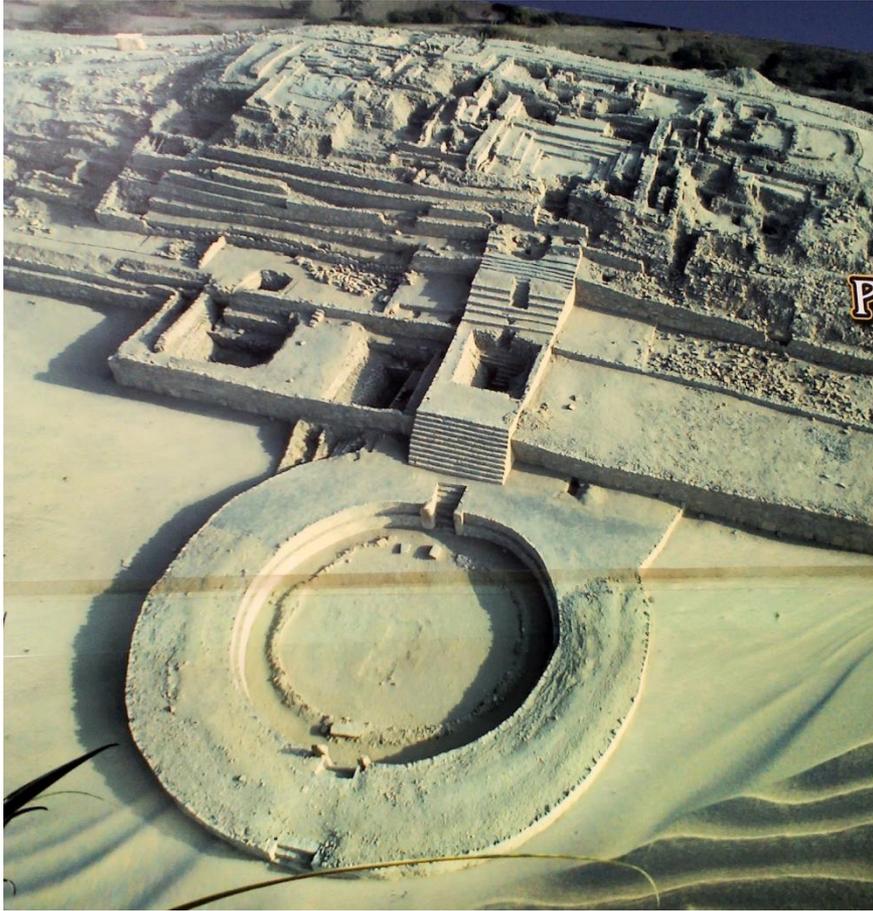
Deus do milho – Asteca

Início da civilização: **Cerca de 718 anos A.P.**

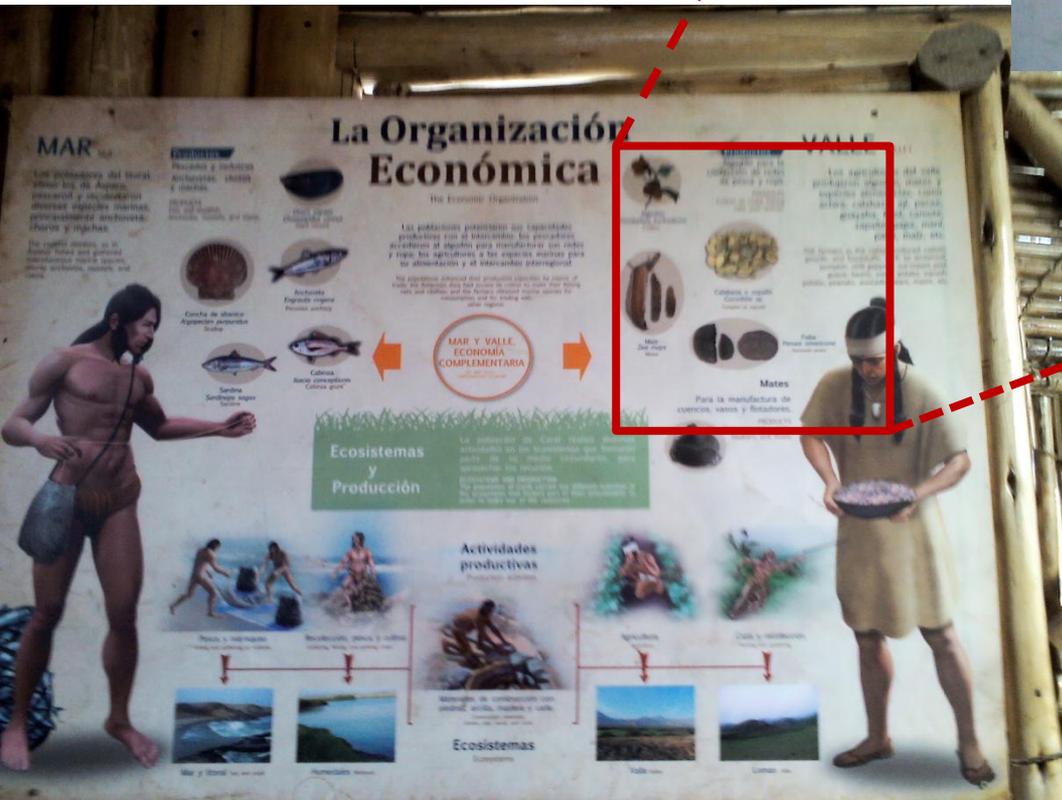
Caral, vale do Supe, Peru

A civilização de Caral , a mais antiga do continente americano. A cidade existiu durante os anos **5018 A.P. até 3818 A.P.** (segundo 42 datações).

A cidade sofreu com secas, fome, doenças e seus habitantes abandonaram a cidade, até ser descoberta em 1905.



**Caral, vale do Supe, Peru
5018 até 3818 anos A.P.**



Imagens: Arquivo InterAbio, Flaviane Malaquias Costa



Champi (cotton)
Fibra de algodón
5000 A.P.

Fibra de algodón de Ica
Fibra de algodón
5000 A.P.

Fibra de algodón
Fibra de algodón
5000 A.P.

Semillas de algodón
Gossypium barbadense

Fibras de algodón de colores
Gossypium barbadense

Tusa de maíz
Zea mays

Imagens: Arquivo InterAbio, Flaviane Malaquias Costa

Caral, vale do Supe, Peru. 5018 até 3818 anos A.P.

Evolução do Milho



Evolução do Milho

Domesticação do Milho



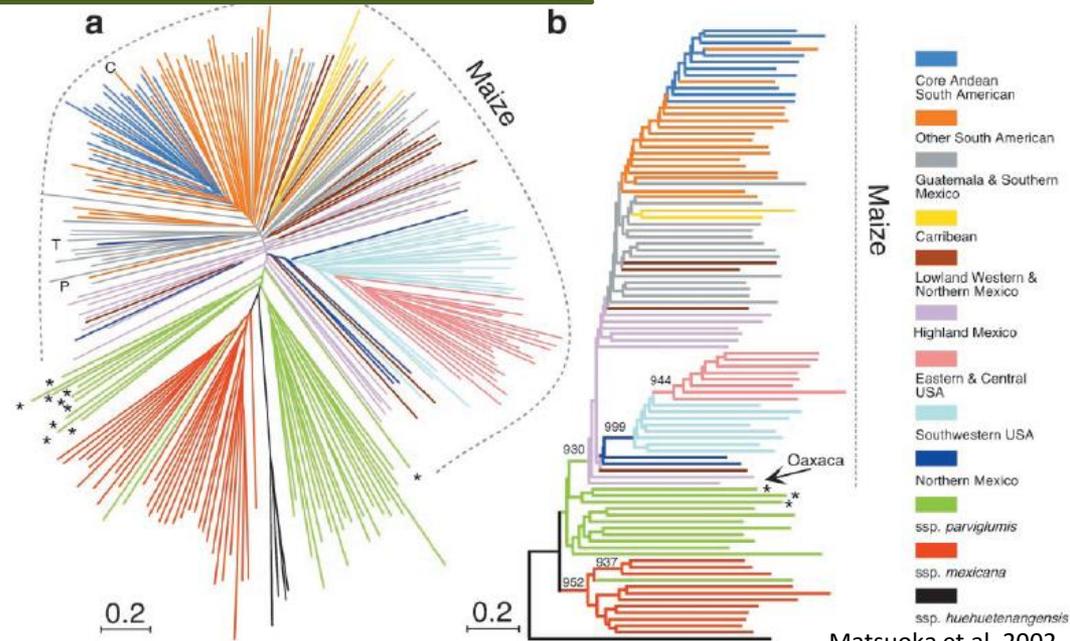
Dispersão para diferentes regiões



Surgimento de centros de diversificação



vanHeerwaarden et al. 2011



Matsuoka et al. 2002

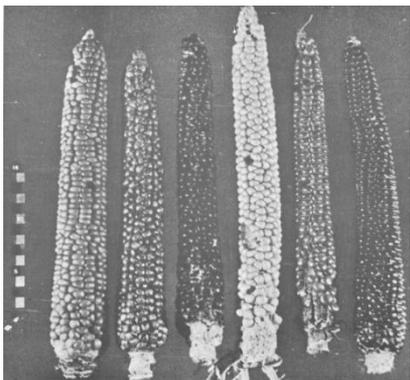
Alta Diversidade de Milho



59 raças nativas do México

Imagem: Banco de Germoplasma do CIMMYT. Fonte: <http://www.cimmyt.org/maize-from-mexico-to-the-world/>

Entrelaçado



Uso: sem descrição

Avati Moroti



Uso: Farinhas

Pipocas Guarani



Uso: pipoca (alimentação humana)

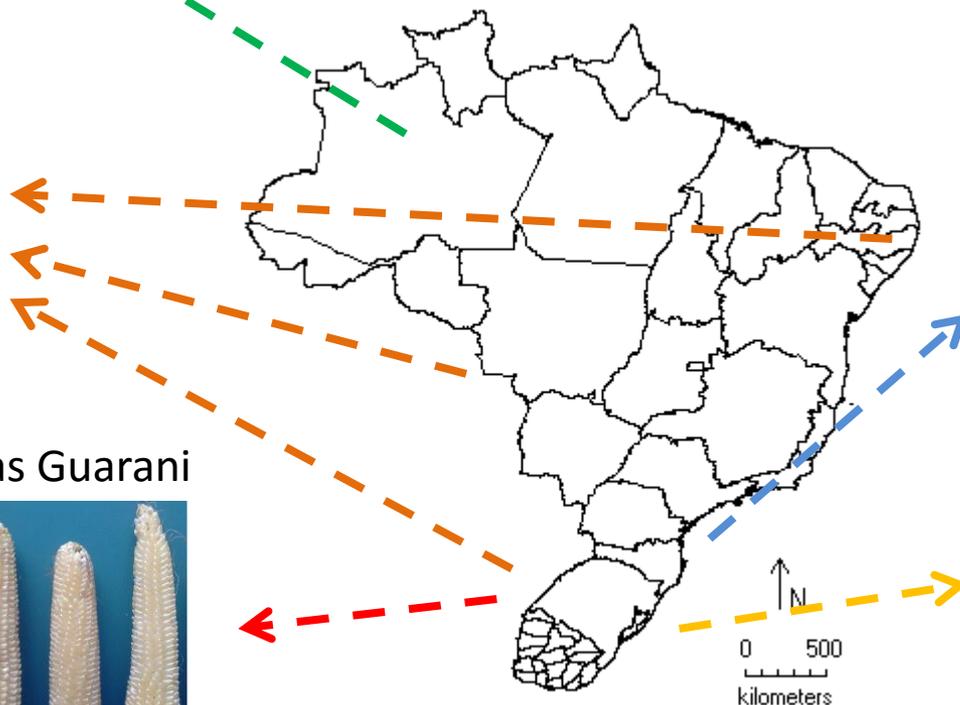
Evolução do Milho

O que aconteceu quando o milho chegou no Brasil?

Surgiram diferentes raças de milho em diferentes regiões

34 RAÇAS

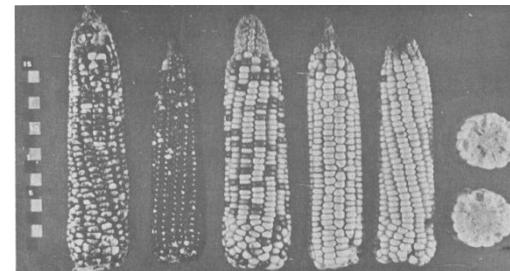
Centro secundário de diversidade



Raças indígenas



Caingang



Uso: sem descrição

Lenha



Uso: fogo



Evolução do Milho



O que aconteceu quando o milho chegou no Brasil?

Linha do Tempo



Raças Indígenas

Origem Indígena
Grão Farináceo
Grão Pipoca
Branco Dentado

Raças Antigas

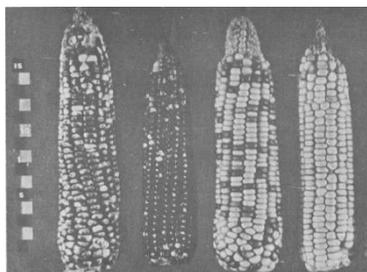
Origem Indígena
Grão Duro
Grão Semi Dentado

Raças Recentes

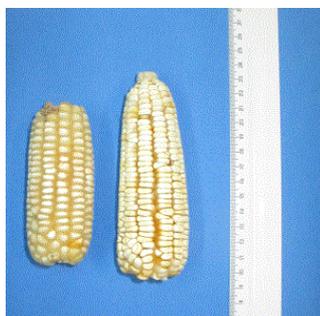
Grão Dentado
Grão Semi Dentado

Raças Exóticas

Raças introduzidas de outros países



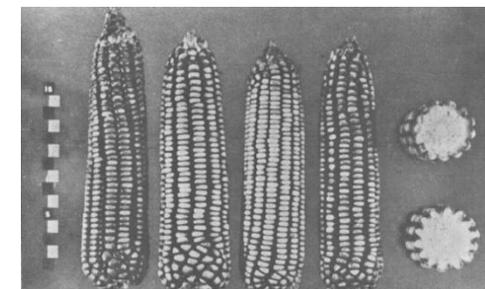
Caingang



Cristal – Cristal Semi dentado



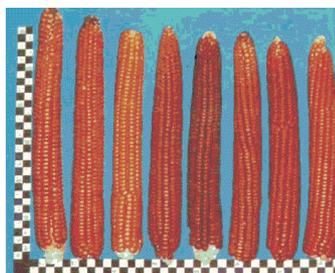
Semidentado Sub. riograndense



Tuson



Pipocas Guarani



Canario de ocho

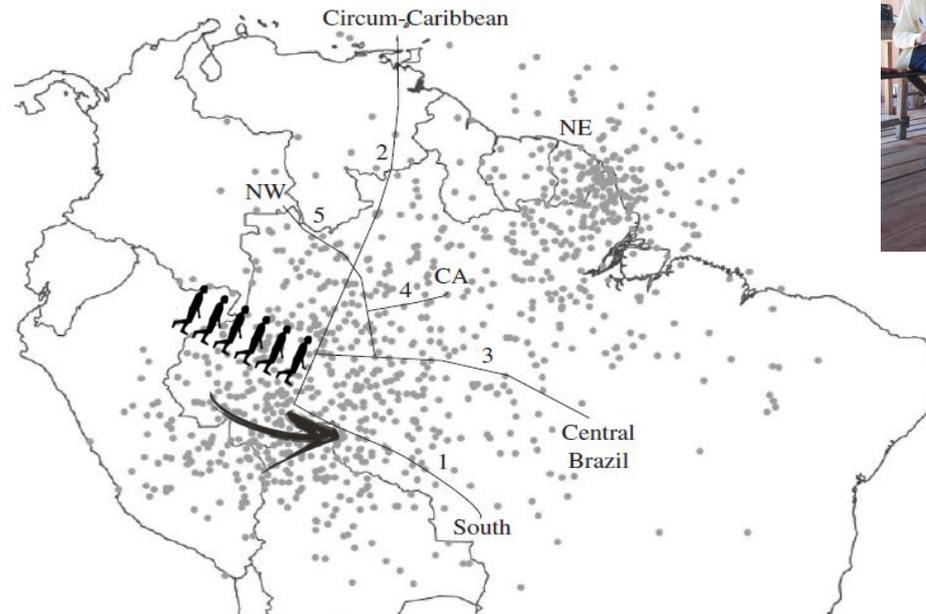


Cuarentino



Hicory king

Padrões de dispersão da diversidade genética do milho nas Terras baixas da América do Sul



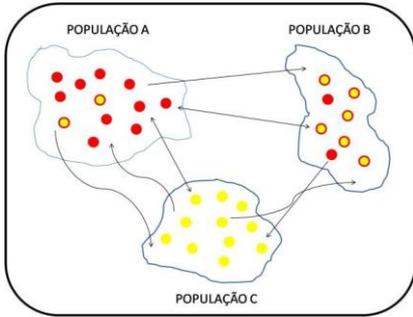
Flaviane Malaquias Costa

Orientadora: Elizabeth Ann Veasey

Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas



Evolução do Milho



Por que é importante estudar a dispersão de uma espécie?

A dispersão está associada a modificações adaptativas (seleção natural e humana)

Centros de diversificação: fontes de genes úteis a humanidade

Orientar prospecções de coletas de germoplasma

Fortalece esforços de conservação e agrega valor aos Recursos Genéticos e ao Melhoramento de Plantas



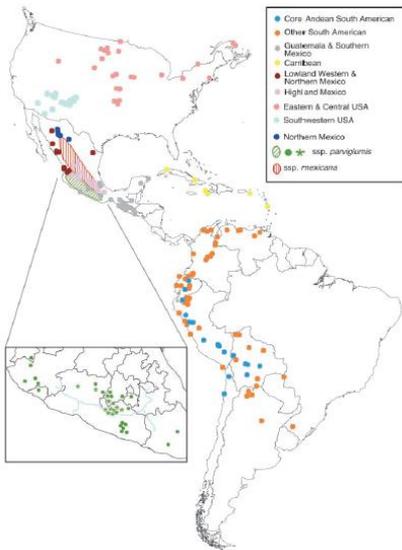


Apenas 7 acessos-Brasil e 5-Uruguai
Raças recentes! (Dente e Catetos)

BRAZIL 2441	Cateto Paulista Grosso (Cateto Grosso)	<u>Brasil</u>
BRAZIL 1546	<u>Cateto Assis Brasil</u>	<u>Brasil</u>
BRAZIL 2305	Dente Paulista	<u>Brasil</u>
BRAZIL 953	Dente <u>Riograndense Rugoso</u>	<u>Brasil</u>
BRAZIL PE012	Dentado	<u>Brasil</u>
26373	<u>Cateto Nortista</u>	<u>Brasil</u>
BRAZIL 60	<u>Cateto Grande</u>	<u>Brasil</u>

Análises genéticas das Terras Baixas da América do Sul

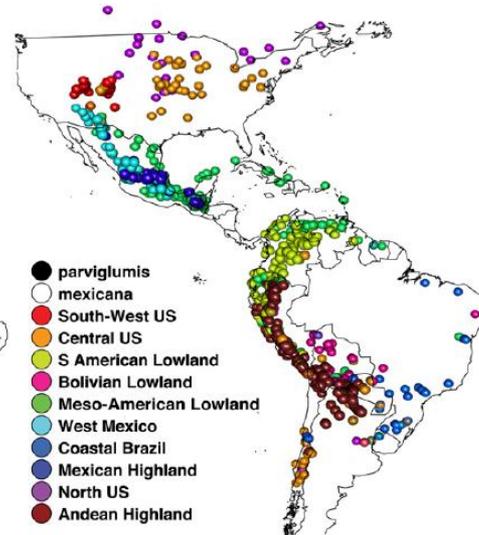
Lacuna amostral



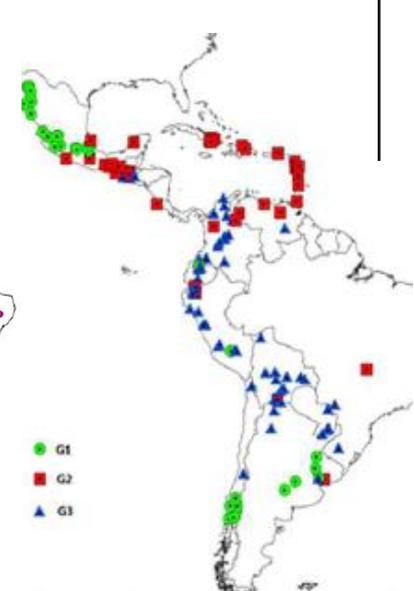
Matsuoka et al. 2002



Vigouroux et al. 2008



vanHeerwaarden et al. 2011



Bedoya et al. 2017



Projeto Dispersão - InterAbio

Material vegetal: 279 acessos

Extração de DNA

188 acessos de milho:

- Variedades locais coletadas
- Acessos BAG de milho da Embrapa
- 14 raças da Colômbia

91 acessos de milho:

- Variedades locais e arqueológicas



Smithsonian
Institution



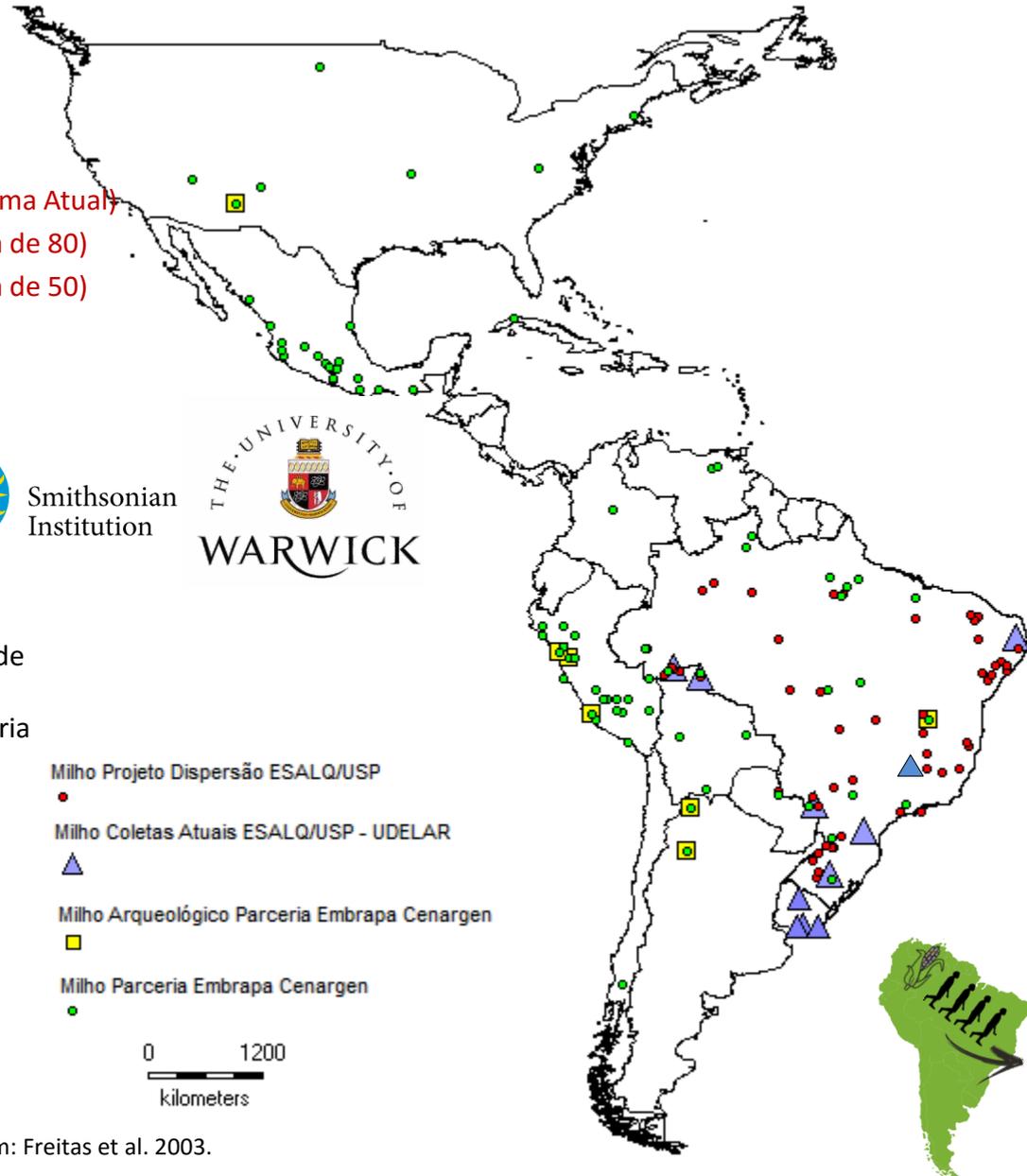
PARCERIAS:

Brasil: Embrapa-Cenargen – Dr. Fábio Freitas

Colômbia: Universidade Nacional da Colombia – Grupo de Investigación en Recursos Fitogenéticos Neotropicales – GIRFIN - Profa. Dra. Creuci Maria Caetano

Inglaterra: University of Warwick – Dr. Robin Allaby

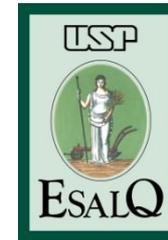
EUA: National Museum of Natural History,
Smithsonian Institute – Dr. Logan Kistler



(Panorama Atual)
(Década de 80)
(Década de 50)

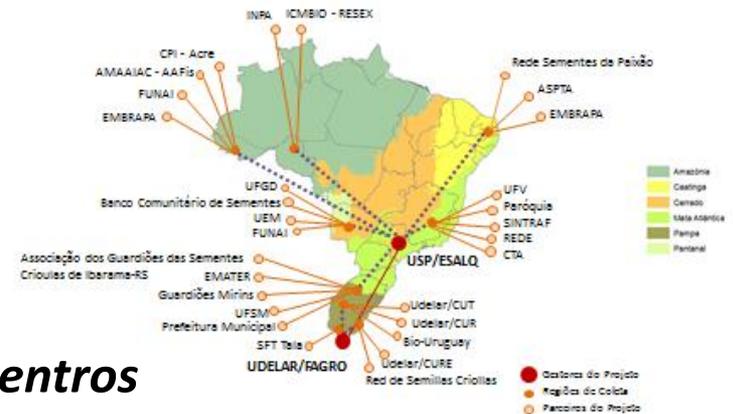


Imagem: Freitas et al. 2003.



- **Quais raças?**
- **Existem novas raças?**
- **Regiões podem ser consideradas microcentros de diversidade?**

InterABio em Rede



Seminario y Taller Internacional
CLASIFICACIÓN RACIAL DE LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ PERUANO CON
FINES DE BIOSEGURIDAD

Conceito e
Metodologia

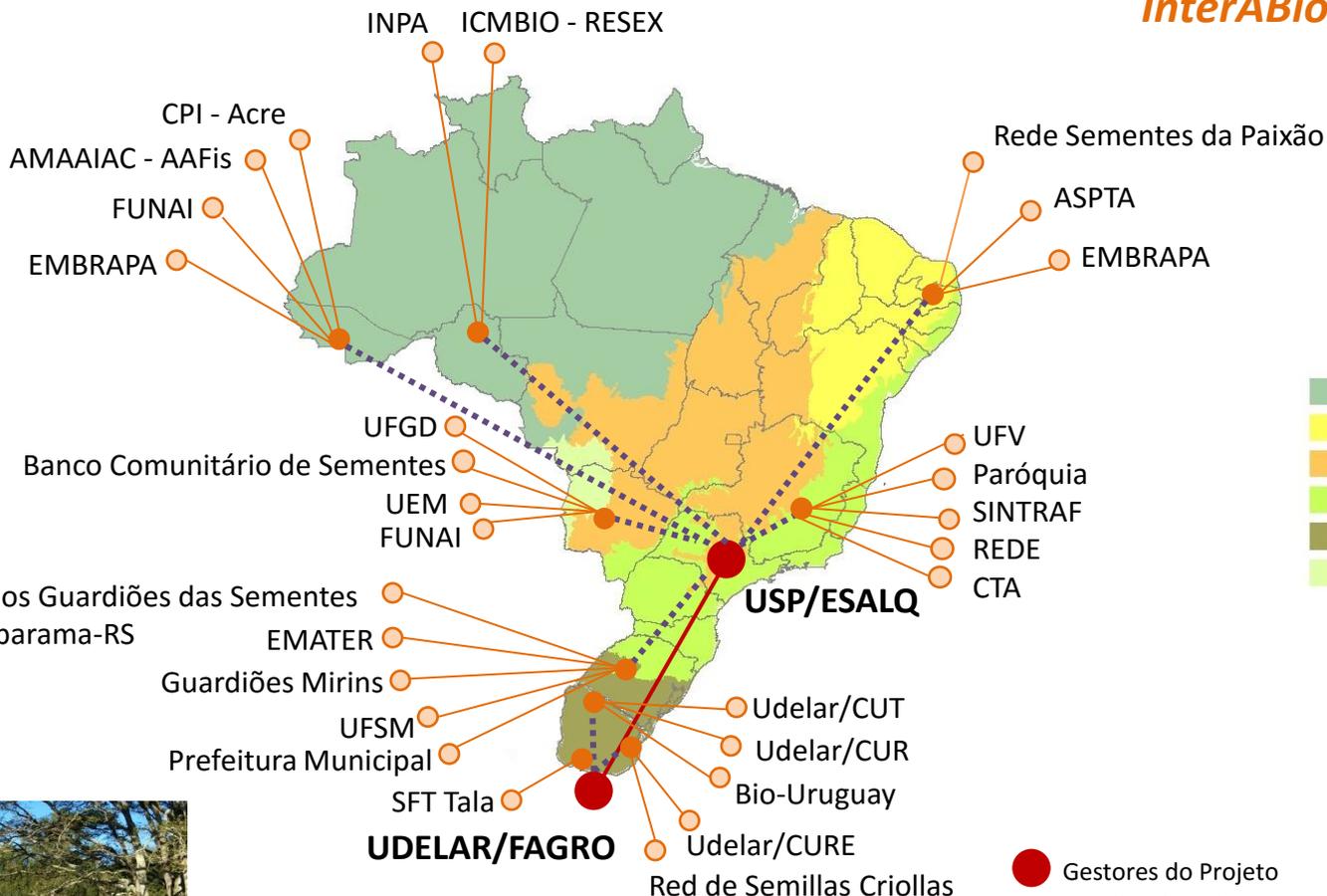
“Raza de maíz es un conjunto de variedades con características genéticas comunes que la distingue, adaptada a determinadas condiciones ambientales asociadas a ciertos contextos sociales y culturales (Lima, 2016)”.



Quem somos?



InterABio em Rede



31 organizações
40 pessoas

A Roda das Espigas: *construindo o conceito de raças*



364 pessoas capacitadas

Quantos grupos de espigas foram formados?

Quais características escolheram para separar os grupos de espigas?

Existe algum uso associado aos grupos de espigas formados?



Siembrando mi Merienda





Projeto: Milhos das Terras Baixas da América do Sul – atualizando a diversidade de raças do Brasil e Uruguai

Coletas, Entrevistas e Caracterização de Variedades Crioulas

País	Estado/Região	Nº de Agricultores Entrevistados	Nº Variedades Identificadas	Nº Variedades Coletadas/Caract.
Brasil	Rio Grande do Sul	23	75	59
Brasil	Mato Grosso do Sul	15	31	20
Brasil	Acre	8	29	2*
Brasil	Paraíba	20	68	58
Brasil	Rondônia (A. Rio Madeira)	12	54	12
Brasil	Minas Gerais	15	102	84
Uruguai	Rocha	12	25	19
Uruguai	Tacuarembó/Rivera	14	30	30
Uruguai	Treita y Tres	2	6	6
Uruguai	Canelones	10	14	11
Uruguai	Outras	3	4	4
Total		134	438	303





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais

PAMPA: Norte, Leste e Sul do Uruguai





Um pouco da nossa experiência e das iniciativas locais



PAMPA/MATA ATLÂNTICA: Rio Grande do Sul

Imagens: Arquivo InteraBio





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais



Imagens: Arquivo InteraBio



CERRADO/PANTANAL: Mato Grosso do Sul





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais

Imagens: Arquivo InteraBio

AMAZÔNIA: Acre





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais



AMAZÔNIA: Rondônia



Imagens: Arquivo InteraBio

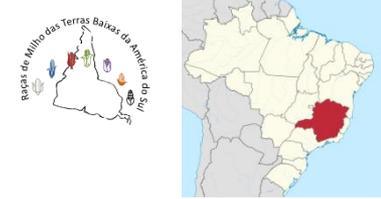


Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais



CAATINGA: Paraíba





Compartilhando nossa experiência e as iniciativas locais

MATA ATLÂNTICA: Minas Gerais



Reflexões

Por que a diversidade é importante??



DESAFIOS ...

Os 10 maiores desafios da humanidade para os próximos 50 Anos

- 1. Energia**
- 2. Água**
- 3. Alimento**
- 4. Ambiente**
- 5. Pobreza**
- 6. Guerras**
- 7. Saúde**
- 8. Educação**
- 9. Democracia**
- 10. População**

Ano 2003: 6,3 Bilhões de Pessoas
Ano 2050: 10 Bilhões de Pessoas

NECESSIDADES E REQUISITOS: SUSTENTÁVEL, EFICIENTE, COOPERATIVO E COM FORTE APELO SÓCIO-AMBIENTAL.

Alan G. MacDiarmid. Harvesting Solar Energy to Produce Electricity or to Produce Organic Compounds: Which Way to Go? In: Pre-Symposium, Dublin, June 2006.

Reflexões

Por que a diversidade é importante??

Será que a diversidade é importante para este cenário?

Estamos substituindo nossas variedades locais (riqueza genética) por monocultivos uniformes?

Sabemos as consequências disto para o futuro?

Reflexões

Por que a diversidade é importante??

Brasil – país megadiverso??
Será que conhecemos nossos recursos??

Se somos tão ricos e temos tanta biodiversidade genética “alimentar”, por que não é utilizada?

Nossa segurança alimentar é baseada somente nas espécies e variedades convencionais??



Segundo dados
vegetais s



500.000 sp
tem sido

30.000 são
cultivadas ou

tem sido
como humano



Arroz, trigo e milho representam o valor energético mais ingerido mundialmente derivado de plantas .

Reflexões

Por que a diversidade é importante??

Atualmente esforça-se para recuperar espécies e variedades e incluir na alimentação

Como??

Pesquisa e divulgação do potencial de uso e características agronômicas das variedades

Fortalecimento dos agricultores familiares e tradicionais, pesquisa e apoios financeiros – Estratégias de Conservação

Decisão integral dos governos para incluir nos programas de alimentação o cultivo destas espécies e variedades – Políticas Públicas

Flaviane Malaquias Costa
flavianemcosta@usp.br
flavianemcosta@hotmail.com
Universidade de São Paulo/ESALQ

Obrigada!

Imagem: Arquivo NEABio

Mãos da agricultora Elma Lange, Comunidade Welter, Guaraciaba-SC. Guardiã da variedade “pipoca-arroz”